AJ

1

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12) 公開特許公報（Ａ）　(11)特許出願公開番号
特開2000－188585
（P2000－188585A）
(43)公開日　平成12年7月4日(2000.7.4)

(51)Int.Cl.7	識別記号	ＦＩ	テーマコード(参考)
Ｈ０４Ｊ　11/00		Ｈ０４Ｊ　11/00	Ｚ　５Ｋ０２２
Ｈ０４Ｂ　7/08		Ｈ０４Ｂ　7/08	Ｃ　５Ｋ０５９

審査請求　未請求　請求項の数17　ＯＬ　（全 14 頁）

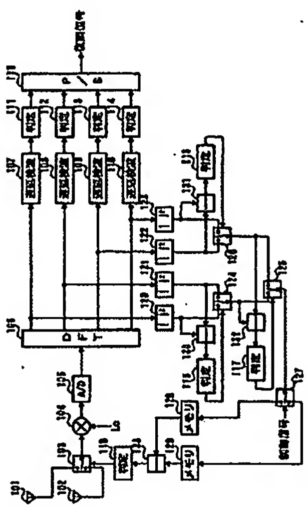
(21)出願番号　特願平10－365429
(22)出願日　平成10年12月22日(1998.12.22)

(71)出願人　000005821
松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真1006番地
(72)発明者　須藤　浩章
神奈川県横浜市港北区綱島東四丁目3番1号　松下通信工業株式会社内
(72)発明者　上杉　充
神奈川県横浜市港北区綱島東四丁目3番1号　松下通信工業株式会社内
(74)代理人　100105050
弁理士　鷲田　公一

Ｆターム(参考)　5K022 DD01 DD31
5K059 BB01 CC03 DD02 DD27 EE02 EE03

(54)【発明の名称】　ＯＦＤＭ受信装置

(57)【要約】
【課題】　周波数選択性フェージング発生時に適切なアンテナダイバーシチを行うこと。
【解決手段】　レベル検出器１２０～１２３が各アンテナのキャリア毎の受信レベルを検出し、判定器１１５～１１７及びスイッチ１２４～１２７及び減算器１３０～１３２がアンテナ毎に最低受信レベルとなったキャリアを抽出し、減算器１３３及び判定器１１８が各アンテナの最低受信レベルキャリアの受信レベルを比較して、最低受信レベルが最も高いアンテナを選択するようにアンテナ切替器１０３を制御する。



【特許請求の範囲】
【請求項１】　ＯＦＤＭ方式で送信された信号を受信する時に受信信号のキャリア毎の受信レベルを検出するレベル検出手段と、このレベル検出手段の検出結果を基に複数のアンテナを切り替えて用いる選択手段と、を具備することを特徴とするＯＦＤＭ受信装置。
【請求項２】　前記レベル検出手段の検出結果から受信レベルが最も低いキャリアを抽出する抽出手段と、この抽出手段が抽出したアンテナ毎の最低受信レベルキャリアの中で受信レベルが最も高いキャリアを受信したアンテナを選択するように前記選択手段を制御する制御手段と、を具備することを特徴とする請求項１記載のＯＦＤＭ受信装置。
【請求項３】　前記レベル検出手段の検出結果の検波処理後の位相誤差が最も大きいキャリアを抽出する抽出手段と、この抽出手段が抽出したアンテナ毎の最大誤差を有するキャリアの中で誤差が最も小さいキャリアを受信したアンテナを選択するように前記選択手段を制御する制御手段と、を具備することを特徴とする請求項１記載のＯＦＤＭ受信装置。
【請求項４】　前記レベル検出手段の検出結果からアンテナ毎の平均を取り各アンテナの平均受信レベルを算出する算出手段と、前記レベル検出手段の検出結果からアンテナ毎の最低受信レベルキャリアを抽出する抽出手段と、この抽出手段の出力の中の最大受信レベルと最低受信レベルとの差を算出し、この差としきい値との比較結果がしきい値の方が小さい場合にはアンテナ毎の最低受信レベルキャリアの中で受信レベルが最も高いキャリアを受信したアンテナを選択し、しきい値の方が大きい場合にはアンテナ毎の平均受信レベルが最大のアンテナを選択するように前記選択手段を制御する制御手段と、を具備することを特徴とする請求項１記載のＯＦＤＭ受信装置。
【請求項５】　ＯＦＤＭ方式で送信された信号を受信する時に受信信号を複数の周波数帯域に分割する分割手段と、この周波数帯毎の受信レベルを検出するレベル検出手段と、このレベル検出手段の検出結果を基に複数のアンテナを切り替えて用いる選択手段と、を具備することを特徴とするＯＦＤＭ受信装置。
【請求項６】　前記レベル検出手段の検出結果から受信レベルが最も低い帯域を抽出する抽出手段と、この抽出手段が抽出したアンテナ毎の最低受信レベルとなる帯域の中で受信レベルが最も高い帯域を受信したアンテナを選択するように前記選択手段を制御する制御手段と、を具備することを特徴とする請求項５記載のＯＦＤＭ受信装置。
【請求項７】　前記分割手段は、分割後の信号を間引く間引き手段を有することを特徴とする請求項５又は請求項６記載のＯＦＤＭ受信装置。
【請求項８】　前記抽出手段は、平均受信レベルが最も低い帯域を抽出することを特徴とする請求項６又は請求項７記載のＯＦＤＭ受信装置。
【請求項９】　請求項１から請求項８のいずれかに記載のＯＦＤＭ受信装置を用いたＯＦＤＭ方式移動体通信システム用の端末装置。
【請求項１０】　ＯＦＤＭ方式で送信された信号を受信する時に受信信号のキャリア毎の受信レベルを検出するレベル検出工程と、このレベル検出工程の検出結果を基に複数のアンテナを切り替えて用いる選択工程と、を具備することを特徴とするＯＦＤＭ受信装置のダイバーシチ方法。
【請求項１１】　前記レベル検出工程の検出結果から受信レベルが最も低いキャリアを抽出する抽出工程と、この抽出工程が抽出したアンテナ毎の最低受信レベルキャリアの中で受信レベルが最も高いキャリアを受信したアンテナを選択するように前記選択工程を制御する制御工程と、を具備することを特徴とする請求項１０記載のＯＦＤＭ受信装置のダイバーシチ方法。
【請求項１２】　前記レベル検出工程の検出結果の検波処理後の位相誤差が最も大きいキャリアを抽出する抽出工程と、この抽出工程が抽出したアンテナ毎の最大誤差を有するキャリアの中で誤差が最も小さいキャリアを受信したアンテナを選択するように前記選択工程を制御する制御工程と、を具備することを特徴とする請求項１０記載のＯＦＤＭ受信装置のダイバーシチ方法。
【請求項１３】　前記レベル検出工程の検出結果からアンテナ毎の平均を取り各アンテナの平均受信レベルを算出する算出工程と、前記レベル検出工程の検出結果からアンテナ毎の最低受信レベルキャリアを抽出する抽出工程と、この抽出工程の出力の中の最大受信レベルと最低受信レベルとの差を算出し、この差としきい値との比較結果がしきい値の方が小さい場合にはアンテナ毎の最低受信レベルキャリアの中で受信レベルが最も高いキャリアを受信したアンテナを選択し、しきい値の方が大きい場合にはアンテナ毎の平均受信レベルが最大のアンテナを選択するように前記選択工程を制御する制御工程と、を具備することを特徴とする請求項１０記載のＯＦＤＭ受信装置のダイバーシチ方法。
【請求項１４】　ＯＦＤＭ方式で送信された信号を受信する時に受信信号を複数の周波数帯域に分割する分割工程と、この周波数帯毎の受信レベルを検出するレベル検出工程と、このレベル検出工程の検出結果を基に複数のアンテナを切り替えて用いる選択工程と、を具備することを特徴とするＯＦＤＭ受信装置のダイバーシチ方法。
【請求項１５】　前記レベル検出工程の検出結果から受信レベルが最も低い帯域を抽出する抽出工程と、この抽出工程が抽出したアンテナ毎の最低受信レベルとなる帯域の中で受信レベルが最も高い帯域を受信したアンテナを選択するように前記選択工程を制御する制御工程と、を具備することを特徴とする請求項１４記載のＯＦＤＭ

受信装置のダイバーシチ方法。
【請求項16】 前記分割工程は、分割後の信号を間引く間引き工程を有することを特徴とする請求項14又は請求項15記載のOFDM受信装置のダイバーシチ方法。
【請求項17】 前記抽出工程は、平均受信レベルが最も低い帯域を抽出することを特徴とする請求項15又は請求項16記載のOFDM受信装置のダイバーシチ方法。
【発明の詳細な説明】
【0001】
【発明の属する技術分野】本発明は、直交周波数分割多重方式（Orthogonal Frequency Division Multiplexing：以下、OFDMという）を用いたディジタル移動体通信に使用する受信装置に関する。
【0002】
【従来の技術】まず、図11を用いて従来のOFDM受信装置について説明する。図11は、従来のOFDM受信装置の構成を示すブロック図である。
【0003】アンテナ切替器1103は、アンテナ1101，1102を切り替える。アナログミキサ1104は、受信信号に局部発振信号を混合してダウンコンバートする。A／D変換器1105はアナログ信号をディジタル信号に変換する。
【0004】DFT回路1106は、入力信号に対し離散フーリエ変換（DiscreteFourier Transform：以下、DFTという）を行う。遅延検波器1107〜1110は、入力信号に対し遅延検波を行う。判定器1111〜1115は、入力された信号に対し判定を行う。Parallel−Serial変換器（以下、P／S変換器という）1116は、複数系列の入力信号を1つの系列の信号に変換する。
【0005】レベル検出器1117は、入力信号に対してレベル検出を行う。スイッチ1118は、制御信号に応じて入力された信号を切り替えて出力する。メモリ1119、1120は、それぞれアンテナ毎のレベル情報を格納する。ディジタル減算器1121は、減算処理を行う。
【0006】次いで、図12を用いて、遅延検波器1107〜1110の構成を説明する。図12は、遅延検波器の構成を示すブロック図である。遅延器1201は、入力信号を1シンボル遅らせ、出力する。乗算器1202は、遅延器1201の出力信号と入力信号を乗算し、遅延検波信号として出力する。
【0007】次いで、アンテナを1系統用いる場合の動作について説明する。ここで、キャリア数は4とする。
【0008】アンテナ1101、1102によって受信された受信信号は、アンテナ切替器1103によって選択出力される。アンテナ切替器1103は、判定器1115の判定結果によって制御される。
【0009】次いで、アナログミキサ1104が、アンテナ切替器1103の出力する高周波帯信号に局部発振信号を混合させ、ダウンコンバートする。その後受信信号は、A／D変換器1105へ送られ、ディジタル信号に変換される。
【0010】DFT回路1106は、A／D変換器1105の出力したディジタル信号にDFT演算を施し、4つのキャリアそれぞれによって伝送された4つのベースバンド信号を得る。
【0011】DFT回路1106が出力した4つのベースバンド信号は、それぞれ遅延検波器1107〜1110によって遅延検波が行われ、それぞれの遅延検波信号が得られる。
【0012】なお、ここでは復調方式として遅延検波方式を用いた場合について説明したが、同期検波方式を用いてもよい。
【0013】遅延検波信号は、それぞれ判定器1111〜1114によって判定され、判定後の遅延検波信号が得られる。これらをP／S変換器1116が1系統の信号に変換し、復調信号が得られる。
【0014】又、レベル検出器1117は、A／D変換器1105の出力信号の二乗和演算を行い、平均受信レベルを検出する。この検出はアンテナ毎に行われ、スイッチ1118によって、アンテナ1101の平均レベル情報はメモリ1119に、アンテナ1102の平均レベル情報はメモリ1120に、それぞれ格納される。
【0015】次いで、減算器1121が、メモリ1119に格納されたアンテナ1101選択時のレベル情報とメモリ1120に格納されたアンテナ1102選択時のレベル情報を減算処理し、判定器1115が、どちらのアンテナの受信レベルの方が強いかを判定し、その結果はアンテナ切替器1103に出力される。
【0016】なお、一般に、フレームフォーマットにおいて、メッセージの前には、既知参照信号であるパイロットシンボルが付加されており、アンテナ選択を行うためのレベル測定は、このメッセージの前に付加されたパイロットシンボルを用いて行う。
【0017】また、上記キャリア数が4の場合について述べたが、キャリア数をさらに8、16、32、64・・・と増大させた場合についても同様の構成を採ることができる。また、アンテナ数は2とした場合について説明したが、アンテナ数をさらに増大させた場合についても、アンテナ数と同数のメモリ（上記では1119、1120の2つ）を設けることにより、同様の構成を採ることができる。
【0018】
【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の装置においては、以下の問題がある。
【0019】実環境下では、遅延波が生じ、周波数によって振幅及び位相変動が異なるいわゆる周波数選択性フェージングが発生する。特に、信号伝送速度が高くなり伝送帯域が広くなった場合にこの影響は大きくなる。
【0020】周波数選択性フェージングが生じている場合、各キャリアによって大きくフェージング変動が異なるため、各キャリアによって大きく回線品質が異なる。よって、DFT前の平均受信レベルによってアンテナ選択を行っても最適なアンテナ選択とはならず、誤り率特性を改善するというダイバーシチ効果が低下するという問題がある。
【0021】本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、周波数選択性フェージング発生時に適切なアンテナダイバーシチを行うOFDM受信装置を提供することを目的とする。
【0022】
【課題を解決するための手段】本発明の骨子は、無線回線の誤り率特性は一般に回線品質が最も悪いキャリアに引きづられ回線全体が悪くなるため、周波数選択性フェージングにより特定のキャリアだけ受信レベルが大きく落ち込んでいる場合、回線平均受信レベルに応じてアンテナ選択を行うのは適切でないことに鑑み、各アンテナのキャリア毎の受信レベルを検出し、アンテナ毎に最低受信レベルとなったキャリアを抽出し、各アンテナの最低受信レベルキャリアの受信レベルを比較し、最低受信レベルが最も高いアンテナを選択するこすることによって、落ち込みが大きいキャリアを含む回線を選択しないようにアンテナダイバーシチを行うことである。
【0023】
【発明の実施の形態】本発明の第1の態様に係るOFDM受信装置は、OFDM方式で送信された信号を受信する時に受信信号のキャリア毎の受信レベルを検出するレベル検出手段と、このレベル検出手段の検出結果を基に複数のアンテナを切り替えて用いる選択手段と、を具備する構成を採る。
【0024】この構成によれば、OFDM生式無線通信において、キャリア毎の受信レベルを把握することができるため、キャリア毎の受信レベルの落ち込み具合を鑑みてアンテナを選択することができ、適切なダイバーシチをすることができる。
【0025】本発明の第2の態様に係るOFDM受信装置は、第1の態様において、前記レベル検出手段の検出結果から受信レベルが最も低いキャリアを抽出する抽出手段と、この抽出手段が抽出したアンテナ毎の最低受信レベルキャリアの中で受信レベルが最も高いキャリアを受信したアンテナを選択するように前記選択手段を制御する制御手段と、を具備する構成を採る。
【0026】この構成によれば、OFDM方式無線通信において、一キャリアでも受信レベルが大きく落ち込んだキャリアを有し回線全体の品質が落ちている回線を選択しないようにすることができるため、周波数選択性フェージング下でも適切なアンテナダイバーシチを行うことができる。
【0027】本発明の第3の態様に係るOFDM受信装置は、第1の態様において、前記レベル検出手段の検出結果の検波処理後の位相誤差が最も大きいキャリアを抽出する抽出手段と、この抽出手段が抽出したアンテナ毎の最大誤差を有するキャリアの中で誤差が最も小さいキャリアを受信したアンテナを選択するように前記選択手段を制御する制御手段と、を具備する構成を採る。
【0028】この構成によれば、OFDM方式無線通信において、アンテナ選択の精度が向上するため、適切なダイバーシチを行うことができ、誤り率特性を改善することができる。
【0029】本発明の第4の態様に係るOFDM受信装置は、第1の態様において、前記レベル検出手段の検出結果からアンテナ毎の平均を取り各アンテナの平均受信レベルを算出する算出手段と、前記レベル検出手段の検出結果からアンテナ毎の最低受信レベルキャリアを抽出する抽出手段と、この抽出手段の出力の中の最大受信レベルと最低受信レベルとの差を算出し、この差としきい値との比較結果がしきい値の方が小さい場合にはアンテナ毎の最低受信レベルキャリアの中で受信レベルが最も高いキャリアを受信したアンテナを選択し、しきい値の方が大きい場合にはアンテナ毎の平均受信レベルが最大のアンテナを選択するように前記選択手段を制御する制御手段と、を具備する構成を採る。
【0030】この構成によれば、OFDM方式無線通信において、アンテナ毎の最低レベルとなったキャリアにおける受信レベル間の差が小さく、アンテナ毎の最低レベルキャリアがほぼ一様に落ち込んでいる場合でも、適切なダイバーシチを行うことができ、誤り率特性を改善することができる。
【0031】本発明の第5の態様に係るOFDM受信装置は、OFDM方式で送信された信号を受信する時に受信信号を複数の周波数帯域に分割する分割手段と、この周波数帯域毎の受信レベルを検出するレベル検出手段と、このレベル検出手段の検出結果を基に複数のアンテナを切り替えて用いる選択手段と、を具備する構成を採る。
【0032】この構成によれば、OFDM方式無線通信において、周波数帯域毎の受信レベルを把握することができるため、周波数帯域毎の受信レベルの落ち込み具合を鑑みてアンテナを選択することができ、適切なダイバーシチをすることができる。
【0033】本発明の第6の態様に係るOFDM受信装置は、第5の態様において、前記レベル検出手段の検出結果から受信レベルが最も低い帯域を抽出する抽出手段と、この抽出手段が抽出したアンテナ毎の最低受信レベルとなる帯域の中で受信レベルが最も高い帯域を受信したアンテナを選択するように前記選択手段を制御する制御手段と、を具備する構成を採る。

【００３４】この構成によれば、ＯＦＤＭ方式無線通信において、アンテナ毎の最低レベル帯域の受信レベルが最も高いアンテナを選択することにより、適切なダイバーシチを行うことができ、誤り率特性を改善することができると同時に、復調に要するシンボル数を低減することができる。

【００３５】本発明の第７の態様に係るＯＦＤＭ受信装置は、第５の態様又は第６の態様において、前記分割手段は、分割後の信号を間引く間引き手段を有する構成を採る。

【００３６】この構成によれば、ＯＦＤＭ方式無線通信において、ＤＦＴに必要なサンプリング周波数を低減させ、演算量を減らすことができる。

【００３７】本発明の第８の態様に係るＯＦＤＭ受信装置は、第６の態様又は第７の態様において、前記抽出手段は、平均受信レベルが最も低い帯域を抽出する構成を採る。

【００３８】この構成によれば、ＯＦＤＭ方式無線通信において、アンテナ選択の精度を向上させ、誤り率特性を改善することができる。

【００３９】本発明の第９の態様は、第１の態様から第８の態様のいずれかのＯＦＤＭ受信装置を用いるＯＦＤＭ方式移動体通信システム用の端末装置である。

【００４０】この構成によれば、ＯＦＤＭ方式無線通信において、周波数選択性フェージング発生時でも適切なアンテナダイバーシチが行われ、回線品質を良好に保つことができる。

【００４１】本発明の第１０の態様に係るＯＦＤＭ受信装置のダイバーシチ方法は、ＯＦＤＭ方式で送信された信号を受信する時に受信信号のキャリア毎の受信レベルを検出するレベル検出工程と、このレベル検出工程の検出結果を基に複数のアンテナを切り替えて用いる選択工程と、を具備するようにした。

【００４２】この方法によれば、ＯＦＤＭ生式無線通信において、キャリア毎の受信レベルを把握することができるため、キャリア毎の受信レベルの落ち込み具合を鑑みてアンテナを選択することができ、適切なダイバーシチをすることができる。

【００４３】本発明の第１１の態様に係るＯＦＤＭ受信装置のダイバーシチ方法は、第１０の態様において、前記レベル検出工程の検出結果から受信レベルが最も低いキャリアを抽出する抽出工程と、この抽出工程が抽出したアンテナ毎の最低受信レベルキャリアの中で受信レベルが最も高いキャリアを受信したアンテナを選択するように前記選択工程を制御する制御工程と、を具備するようにした。

【００４４】この方法によれば、ＯＦＤＭ方式無線通信において、一キャリアでも受信レベルが大きく落ち込んだキャリアを有し回線全体の品質が落ちている回線を選択しないようにすることができるため、周波数選択性フェージング下でも適切なアンテナダイバーシチを行うことができる。

【００４５】本発明の第１２の態様に係るＯＦＤＭ受信装置のダイバーシチ方法は、第１０の態様において、前記レベル検出工程の検出結果の検波処理後の位相誤差が最も大きいキャリアを抽出する抽出工程と、この抽出工程が抽出したアンテナ毎の最大誤差を有するキャリアの中で誤差が最も小さいキャリアを受信したアンテナを選択するように前記選択工程を制御する制御工程と、を具備するようにした。

【００４６】この方法によれば、ＯＦＤＭ方式無線通信において、アンテナ選択の精度が向上するため、適切なダイバーシチを行うことができ、誤り率特性を改善することができる。

【００４７】本発明の第１３の態様に係るＯＦＤＭ受信装置のダイバーシチ方法は、第１０の態様において、前記レベル検出工程の検出結果からアンテナ毎の平均を取り各アンテナの平均受信レベルを算出する算出工程と、前記レベル検出工程の検出結果からアンテナ毎の最低受信レベルキャリアを抽出する抽出工程と、この抽出工程の出力の中の最大受信レベルと最低受信レベルとの差を算出し、この差としきい値との比較結果がしきい値の方が小さい場合にはアンテナ毎の最低受信レベルキャリアの中で受信レベルが最も高いキャリアを受信したアンテナを選択し、しきい値の方が大きい場合にはアンテナ毎の平均受信レベルが最大のアンテナを選択するように前記選択工程を制御する制御工程と、を具備するようにした。

【００４８】この方法によれば、ＯＦＤＭ方式無線通信において、アンテナ毎の最低レベルとなったキャリアにおける受信レベル間の差が小さく、アンテナ毎の最低レベルキャリアがほぼ一様に落ち込んでいる場合でも、適切なダイバーシチを行うことができ、誤り率特性を改善することができる。

【００４９】本発明の第１４の態様に係るＯＦＤＭ受信装置のダイバーシチ方法は、ＯＦＤＭ方式で送信された信号を受信する時に受信信号を複数の周波数帯域に分割する分割工程と、この周波数帯毎の受信レベルを検出するレベル検出工程と、このレベル検出工程の検出結果を基に複数のアンテナを切り替えて用いる選択工程と、を具備するようにした。

【００５０】この方法によれば、ＯＦＤＭ方式無線通信において、周波数帯域毎の受信レベルを把握することができるため、周波数帯域毎の受信レベルの落ち込み具合を鑑みてアンテナを選択することができ、適切なダイバーシチをすることができる。

【００５１】本発明の第１５の態様に係るＯＦＤＭ受信装置のダイバーシチ方法は、第１４の態様において、前記レベル検出工程の検出結果から受信レベルが最も低い帯域を抽出する抽出工程と、この抽出工程が抽出したアンテナ毎の最低受信レベルとなる帯域の中で受信レベルが最も高い帯域を受信したアンテナを選択するように前記選択工程を制御する制御工程と、を具備するようにした。

【００５２】この方法によれば、ＯＦＤＭ方式無線通信において、アンテナ毎の最低レベル帯域の受信レベルが最も高いアンテナを選択することにより、適切なダイバーシチを行うことができ、誤り率特性を改善することができると同時に、復調に要するシンボル数を低減することができる。

【００５３】本発明の第１６の態様に係るＯＦＤＭ受信装置のダイバーシチ方法は、第１４の態様又は第１５の態様において、前記分割工程は、分割後の信号を間引く間引き工程を有するようにした。

【００５４】この方法によれば、ＯＦＤＭ方式無線通信において、ＤＦＴに必要なサンプリング周波数を低減させ、演算量を減らすことができる。

【００５５】本発明の第１７の態様に係るＯＦＤＭ受信装置のダイバーシチ方法は、第１５の態様又は第１６の態様において、前記抽出工程は、平均受信レベルが最も低い帯域を抽出するようにした。

【００５６】この方法によれば、ＯＦＤＭ方式無線通信において、アンテナ選択の精度を向上させ、誤り率特性を改善することができる。

【００５７】以下、本実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、以下のいずれの実施の形態においても、既知参照信号はパイロットシンボルである場合について説明する。

【００５８】（実施の形態１）まず、図１を用いて、本発明の実施の形態１に係るＯＦＤＭ受信装置の構成と動作を説明する。図１は、本発明の実施の形態１に係るＯＦＤＭ受信装置の構成を示すブロック図である。

【００５９】アンテナ切替器１０３は、アンテナ１０１，１０２を切り替える。アナログミキサ１０４は、受信信号に極部発振信号を混合してダウンコンバートする。Ａ／Ｄ変換器１０５はアナログ信号をディジタル信号に変換する。

【００６０】ＤＦＴ回路１０６は、入力信号に対しＤＦＴを行う。遅延検波器１０７～１１０は、入力信号に対し遅延検波を行う。判定器１１１～１１８は、入力された信号に対し判定を行う。Ｐ／Ｓ変換器１１９は、複数系列の入力信号を１つの系列の信号に変換する。

【００６１】レベル検出器１２０～１２３は、ＤＦＴ後の信号に対してレベル検出を行う。スイッチ１２４～１２７は、アンテナ選択のタイミングを示す制御信号又は後述する判定器の出力に応じて入力された信号を切り替えて出力する。メモリ１２８、１２９は、それぞれアンテナ毎のレベル情報を格納する。ディジタル減算器１３０～１３３は、減算処理を行う。

【００６２】次いで、アンテナを１系統用いる場合の動作について説明する。ここで、キャリア数は４とする。

【００６３】アンテナ１０１、１０２によって受信された受信信号は、アンテナ切替器１０３によって選択出力される。アンテナ切替器１０３は、判定器１１８の判定結果によって制御される。

【００６４】次いで、アナログミキサ１０４が、アンテナ切替器１０３の出力する高周波帯信号に極部発振信号を混合させ、ダウンコンバートする。その後受信信号は、Ａ／Ｄ変換器１０５へ送られ、ディジタル信号に変換される。

【００６５】ＤＦＴ回路１０６は、Ａ／Ｄ変換器１０５の出力したディジタル信号にＤＦＴ演算を施し、４つのキャリアそれぞれによって伝送された４つのベースバンド信号を得る。

【００６６】ＤＦＴ回路１０６が出力した４つのベースバンド信号は、それぞれ遅延検波器１０７～１１０によって遅延検波が行われ、それぞれの遅延検波信号が得られる。

【００６７】なお、ここでは復調方式として遅延検波方式を用いた場合について説明したが、同期検波方式を用いてもよい。

【００６８】遅延検波信号は、それぞれ判定器１１１～１１４によって判定され、判定後の遅延検波信号が得られる。これらをＰ／Ｓ変換器１１９が１系統の信号に変換し、復調信号が得られる。

【００６９】又、レベル検出器１２０～１２３は、ＤＦＴ後の信号の二乗和演算を行い、キャリア毎の受信レベルを検出する。

【００７０】次いで、減算器１３０は、レベル検出器１２０の出力するキャリア１のレベル情報と、レベル検出器１２１の出力するキャリア２のレベル情報と、を減算処理し、判定器１１５が大小判定する。判定結果はスイッチ１２４へ出力され、スイッチ１２４は、レベル検出器１２０の出力するキャリア１のレベル情報と、レベル検出器１２１の出力するキャリア２のレベル情報と、の小さい方を出力する。

【００７１】同様に、減算器１３１は、レベル検出器１２２の出力するキャリア３のレベル情報と、レベル検出器１２３の出力するキャリア４のレベル情報と、を減算処理し、判定器１１６が大小判定する。判定結果はスイッチ１２５へ出力され、スイッチ１２５は、レベル検出器１２２の出力するキャリア３のレベル情報と、レベル検出器１２３の出力するキャリア４のレベル情報と、の小さい方を出力する。

【００７２】更に、減算器１３２は、スイッチ１２４の出力するキャリア１又はキャリア２のレベル情報と、スイッチ１２５の出力するキャリア３又はキャリア４のレベル情報と、を減算処理し、判定器１１７が大小判定する。判定結果はスイッチ１２６へ出力され、スイッチ１２６は、スイッチ１２４の出力とスイッチ１２５の出力

の小さい方を出力する。
【００７３】結果として、スイッチ１２６は、キャリア１～４の中で最も小さいレベル情報を抽出できたことになる。
【００７４】スイッチ１２７に入力された受信レベルが最も低いキャリアのレベル情報は、アンテナ１０１選択時であればメモリ１２８に、アンテナ１０２選択時であればメモリ１２９に、それぞれ格納される。
【００７５】次いで、減算器１３３が、メモリ１２８に格納されたアンテナ１０１選択時の最小受信レベル情報とメモリ１２９に格納されたアンテナ１０２選択時の最小受信レベル情報を減算処理し、判定器１１８が大小判定を行う。判定結果は、アンテナ切替器１０３に出力され、アンテナ毎の最低受信レベルキャリアの受信レベルが最も高いアンテナを選択するように制御される。
【００７６】なお、一般に、フレームフォーマットにおいては、メッセージの前には、既知参照信号であるパイロットシンボルが付加されており、アンテナ選択を行うためのレベル測定は、このメッセージの前に付加されたパイロットシンボルを用いて行う。
【００７７】また、上記キャリア数が４の場合について述べたが、キャリア数をさらに８、１６、３２、６４・・・と増大させた場合についても同様の構成と採ることができる。また、アンテナ数は２とした場合について説明したが、アンテナ数をさらに増大させた場合についても、アンテナ数と同数のメモリ（上記では１２８、１２９の２つ）を設けることにより、同様の構成を採ることができる。
【００７８】実環境下では、遅延波の影響により、周波数によって振幅及び位相変動が異なるいわゆる周波数選択性フェージングが生じ、各キャリアによって回線品質が大きく異なる。
【００７９】又、一般に、誤り率特性は、回線品質が悪いキャリアの回線品質が支配的になる、すなわち回線品質が最も悪いキャリアに引きづられ、回線全体の品質が悪くなる。
【００８０】従って、上記述べたように本実施の形態に係るＯＦＤＭ受信装置おいては、各アンテナにおいてキャリア毎にＤＦＴ後のレベル検出を行い、最低レベルとなったキャリアを選択し、各アンテナにおいて最低レベルとなったキャリアについてレベルを比較し、レベルが最も高いアンテナを選択することにより、一キャリアでも受信レベルが大きく落ち込んだキャリアを有し回線全体の品質が落ちている回線を選択しないようにすることができるため、周波数選択性フェージング下でも適切なアンテナダイバーシチを行うことができる。
【００８１】（実施の形態２）本発明の実施の形態２に係るＯＦＤＭ受信装置は、実施の形態１に係るＯＦＤＭ受信装置と同様の構成を有し、但しレベル検出器の検出する受信レベルの替わりに復調後の判定誤差を用いてアンテナ選択を行うものである。
【００８２】以下、図２を用いて、本実施の形態に係るＯＦＤＭ受信装置の構成と動作について説明する。図２は、本発明の実施の形態２に係るＯＦＤＭ受信装置の構成を示すブロック図である。なお、図１と同様の構成には同じ符号を付し、詳しい説明は省略する。
【００８３】本実施の形態に係るＯＦＤＭ受信装置は、実施の形態１に係るＯＦＤＭ受信装置と比べて、レベル検出器１２０～１２３が除かれ、替わりに減算器２０１～２０４が加えられた構成を採る。
【００８４】減算器２０１～２０４は、遅延検波器１０７～１１０の出力する遅延検波信号と、それぞれの遅延検波信号が判定器１１１～１１４で判定された後の信号との差を算出する。
【００８５】減算器２０１の出力するキャリア１の判定誤差は、実施の形態１のキャリア１のレベル情報と同様に、スイッチ１２４及び減算器１３０へ出力される。以下、同様にキャリア１～４の判定誤差の大小判定が行われ、スイッチ１２６は判定誤差が最も大きいキャリアの判定誤差を出力する。
【００８６】一般に、回線品質の悪いキャリアは、受信レベルが低くなるとともに、位相誤差も大きくなるため、受信レベル情報だけでなく位相誤差情報も用いることによって、回線品質推定の精度を向上させることができる。
【００８７】このように、復調後の判定誤差を用いてアンテナ選択を行うことによって適切なダイバーシチを行うことができ、誤り率特性を改善することができる。
【００８８】（実施の形態３）本発明の実施の形態３に係るＯＦＤＭ受信装置は、実施の形態１に係るＯＦＤＭ受信装置と同様の構成を有し、但しアンテナ毎の最小レベルキャリアの受信レベル差がしきい値未満である時は、平均受信レベルが大きい方のアンテナを選択するものである。
【００８９】これは、アンテナ毎の最低レベルとなったキャリアにおける受信レベル間の差が小さい場合は、アンテナ毎の最低レベルキャリアがほぼ一様に落ち込んでいると考えられるので、アンテナ毎の最低レベルキャリアの落ち込みが激しいアンテナは避けるようにアンテナ選択を行うという実施の形態１に係るダイバーシチが行えないことに鑑みたものである。
【００９０】以下、図３を用いて、本実施の形態に係るＯＦＤＭ受信装置の構成と動作について説明する。図３は、本発明の実施の形態３に係るＯＦＤＭ受信装置の構成を示すブロック図である。なお、図１と同様の構成には同じ符号を付し、詳しい説明は省略する。
【００９１】スイッチ１２６がアンテナ毎の受信レベルが最も低いキャリアを抽出し、判定器１１８がアンテナ毎の最低レベルキャリアの中で受信レベルが最も高いキャリアを含むアンテナを抽出するところまでは実施の形態１と同様である。

【００９２】積算器３０１は、レベル検出器１２０～１２３の出力からアンテナ毎の平均受信レベルを算出する。スイッチ３０２は、アンテナ選択のタイミングを示す制御信号に応じて切り替えを行い、積算器３０１の出力を、アンテナ１０１選択時にはメモリ３０３に、アンテナ１０２選択時にはメモリ３０４に、それぞれ格納する。減算器３０５は、メモリ３０３に格納されたアンテナ１０１選択時の平均受信レベル情報とメモリ３０４に格納されたアンテナ１０２選択時の平均受信レベル情報を減算処理し、判定器３０６が大小判定を行う。
【００９３】一方、減算器３０７は、減算器１３３の出力、すなわちアンテナ毎の最低レベルキャリアの受信レベル間の差としきい値を減算処理し、判定器３０８が大小判定を行う。判定器３０８は、判定結果をスイッチ３０９へ出力する。
【００９４】スイッチ３０９は、アンテナ毎の最低レベルキャリアの受信レベル差、すなわち減算器１３３の出力がしきい値以下の場合、判定器３０６の出力、すなわち平均受信レベルが大きい方のアンテナを用いるようにアンテナ切替器１０３を制御する。減算器１３３の出力がしきい値以上であれば、すなわち受信レベルの落ち込みが激しいキャリアがあれば、最も落ち込みの少ないキャリアを含むアンテナを選択するようにアンテナ切替器１０３を制御する。
【００９５】このように、アンテナ毎の最低レベルキャリアの受信レベル間の差が小さい場合は、平均レベルが高い方のアンテナを選択することによって適切なダイバーシチを行うことができ、誤り率特性を改善することができる。
【００９６】（実施の形態４）本発明の実施の形態４に係るＯＦＤＭ受信装置は、実施の形態１に係るＯＦＤＭ受信装置と同様の構成を有し、但しキャリア別の受信レベルの替わりに帯域別の受信レベルを用いてアンテナ選択を行い、受信レベル検出に必要なシンボルを低減するためのものである。
【００９７】以下、図４を用いて、本実施の形態に係るＯＦＤＭ受信装置の構成と動作について説明する。図４は、本発明の実施の形態４に係るＯＦＤＭ受信装置の構成を示すブロック図である。なお、図１と同様の構成には同じ符号を付し、詳しい説明は省略する。
【００９８】Ａ／Ｄ変換器１０５がＡ／Ｄ変換を行うところまでは既に述べたので省略する。フィルター４０１～４０４は、Ａ／Ｄ変換器１０５の出力を、ＤＦＴ回路１０６によるＤＦＴ処理前に、複数の帯域毎、ここでは例えば４つの周波数帯域に、分割する。
【００９９】フィルター４０１の抽出した最も低い周波数帯域の信号は、レベル検出器１２０によって受信レベルが検出される。以下同様に、フィルター４０２の抽出した２番目に低い周波数帯域の信号はレベル検出器１２１によって、フィルター４０３の抽出した２番目に高い周波数帯域の信号はレベル検出器１２２によって、フィルター４０４の抽出した最も高い周波数帯域の信号はレベル検出器１２３によって、それぞれ受信レベルが検出される。
【０１００】以下、実施の形態１と同様に受信レベルの大小判定が行われ、アンテナ１０１選択時の受信レベルが最も低い帯域の受信レベル情報がメモリ１２８に格納され、アンテナ１０２選択時の受信レベルが最も低い帯域の受信レベル情報がメモリ１２９に格納される。
【０１０１】そして判定器１１８が、アンテナ毎の最低レベルを大小判定し、アンテナ毎の最低レベルが最も高いアンテナを選ぶようにアンテナ切替器１０３を制御する。
【０１０２】ＤＦＴ処理後の信号を用いてレベル検出を行った場合、ＤＦＴ回路は１シンボル毎に信号を出力するため、各アンテナ毎に少なくとも１シンボルのパイロットシンボルが必要である。しかし、本実施の形態のようにＤＦＴ前の信号を用いた場合、サンプリング周期毎にレベル検出を行うことができるため、アンテナ選択のためのレベル検出に必要なシンボルを低減することができる。
【０１０３】なお、パイロットシンボルを付加せずに、ガード区間を用いてレベル検出を行うこともできる。
【０１０４】このように、ＤＦＴ前の信号をフィルタリングによって複数の帯域に分け、帯域毎の受信レベルを検出し、アンテナ毎に最低レベルとなる帯域を選択し、アンテナ毎の最低レベル帯域の受信レベルが最も高いアンテナを選択することにより、適切なダイバーシチを行うことができ、誤り率特性を改善することができると同時に、復調に要するシンボル数を低減することができる。
【０１０５】（実施の形態５）本発明の実施の形態５に係るＯＦＤＭ受信装置は、実施の形態４に係るＯＦＤＭ受信装置と同様の構成を有し、但し間引回路によってＤＦＴ処理に必要なサンプリング周波数を低減させるものである。
【０１０６】以下、図５を用いて、本実施の形態に係るＯＦＤＭ受信装置の構成と動作について説明する。図５は、本発明の実施の形態５に係るＯＦＤＭ受信装置の構成を示すブロック図である。なお、図４と同様の構成には同じ符号を付し、詳しい説明は省略する。
【０１０７】間引回路５０１～５０３は、フィルター４０１～４０３の出力信号のサンプリング周波数を低減する。ここでは、例えば、間引回路を３つ設け、フィルター４０４の出力である最も高い周波数帯域の信号に対してはサンプリング周波数の低減は行わないものとする。
【０１０８】以下、実施の形態４と同様にアンテナ毎の最低レベル帯域を検出し、アンテナ毎の最低レベル帯域の受信レベルが最も高いアンテナを選択するようにダイ

バーシチを行う。

【０１０９】このように、フィルタリングを行った後の信号のサンプリング周波数を低減することにより、ＤＦＴに必要なサンプリング周波数を低減させ、演算量を減らすことができる。

【０１１０】（実施の形態６）本発明の実施の形態６に係るＯＦＤＭ受信装置は、実施の形態５に係るＯＦＤＭ受信装置と同様の構成を有し、但し平均受信レベルを用いてアンテナ選択を行うものである。

【０１１１】以下、図６を用いて、本実施の形態に係るＯＦＤＭ受信装置の構成と動作について説明する。図６は、本発明の実施の形態６に係るＯＦＤＭ受信装置の構成を示すブロック図である。なお、図５と同様の構成には同じ符号を付し、詳しい説明は省略する。

【０１１２】積算器６０１～６０４は、レベル検出器１２０～１２３の出力を積算して平均化処理を行って出力する。以下、実施の形態５と同様に、アンテナ毎の最低レベル帯域を検出し、アンテナ毎の最低レベル帯域の平均受信レベルが最も高いアンテナを選択するようにダイバーシチを行う。

【０１１３】このように、帯域毎の平均受信レベルを用いてアンテナ選択を行うことにより、アンテナ選択の精度を向上させ、誤り率特性を改善することができる。

【０１１４】（実施の形態７）本発明の実施の形態７に係るＯＦＤＭ受信装置は、上記実施の形態１又は実施の形態３から６に係るＯＦＤＭ受信装置と同様の構成を有し、但しレベル検出器１２０～１２３により簡素な構成のものを採用し、より演算量を減らしたものである。

【０１１５】なお、本実施の形態においては、入力信号がＱＰＳＫ変調された信号である場合について説明する。

【０１１６】本実施の形態のレベル検出器は、Ｉ成分とＱ成分の絶対値から包絡線情報を近似算出し、受信レベルを検出するものである。

【０１１７】包絡線情報Ｚは、$Z=\sqrt{(|I|^2+|Q|^2)}$で求めることができるが、二乗和を求めるには比較的多くの演算量を要す。そこで少ない演算量で済むように、Ｚ＝｜Ｉ｜＋｜Ｑ｜で近似的に算出することも考えられるが、この近似式を用いると、最大（位相が４５°の時）で、二乗和$\sqrt{(|I|^2+|Q|^2)}$で算出した値の１．４１４倍、すなわち約４１％の誤差を生じ、誤り率特性が劣化する。

【０１１８】そこで本実施の形態では、ビットシフトにより簡易に行うことができる乗算を用いた近似式を利用する。すなわち、｜Ｉ｜＞｜Ｑ｜の場合はＺ＝｜Ｉ｜＋０．３７５×｜Ｑ｜、｜Ｑ｜＞｜Ｉ｜の場合はＺ＝｜Ｑ｜＋０．３７５×｜Ｉ｜、を近似式として用いる。

【０１１９】図７は、この近似式において｜Ｉ｜＞｜Ｑ｜の時、すなわち０≦θ≦４５°の範囲、における位相θと推定半径、すなわち振幅、の関係を理論計算で求めた結果を示したグラフである。このグラフより、上記近似式を用いることによって、二乗和で求めた場合に比べ７％以内の誤差で包絡線情報を得ることができることがわかる。

【０１２０】以下、図８を用いて、上記近似式を用いて包絡線情報を求め、受信レベルを検出する、本実施の形態に係るＯＦＤＭ受信装置のレベル検出器について説明する。図８は、本発明の実施の形態７に係るＯＦＤＭ受信装置のレベル検出器の構成を示すブロック図である。

【０１２１】ＤＦＴ後の入力信号の一キャリアのＩ成分とＱ成分は、絶対値検出器８０１、８０２に入力される。絶対値検出器８０１、８０２は、入力信号の絶対値を取り、減算器８０５及び加算器８１０へ出力する。Ｉ成分とＱ成分の選択は、スイッチ８０３、８０４により行われる。減算器８０５の減算結果は判定器８０６によって判定され、判定結果はスイッチ８０３、８０４の制御に反映される。

【０１２２】２ビットシフト器８０７と３ビットシフト器８０８は、スイッチ８０４の出力をそれぞれ２ビット及び３ビットシフトさせる。２ビットシフト器８０７と３ビットシフト器８０８の出力は、加算器８０９によって加算される。これにより、上記近似式における０．３７５の乗算処理がなされる。加算器８１０は、スイッチ８０３の出力と加算器８０９の出力を加算し、包絡線情報を出力する。

【０１２３】次いで、本実施の形態に係るＯＦＤＭ受信装置のレベル検出器の動作を説明する。

【０１２４】Ｉ成分とＱ成分は、それぞれ絶対値検出器８０１，８０２によって絶対値を検出され、｜Ｉ｜と｜Ｑ｜が得られる。

【０１２５】次いで、絶対値検出器８０１，８０２の出力（｜Ｉ｜と｜Ｑ｜）は、減算器８０５で減算処理され、その出力を用いて判定器８０６が大小判定を行う。又、絶対値検出器８０１，８０２の出力（｜Ｉ｜と｜Ｑ｜）は、それぞれスイッチ８０３、８０４によって選択され、出力される。スイッチ８０３、８０４は判定器８０６の判定結果に応じて出力する信号を選択する。

【０１２６】スイッチ８０３は、判定器８０６の出力が｜Ｉ｜＞｜Ｑ｜であれば｜Ｉ｜を出力し、｜Ｑ｜＞｜Ｉ｜であれば｜Ｑ｜を出力する。スイッチ８０４は、判定器８０６の出力が｜Ｉ｜＞｜Ｑ｜であれば｜Ｑ｜を出力し、｜Ｑ｜＞｜Ｉ｜であれば｜Ｉ｜を出力する。すなわち、スイッチ８０３は｜Ｉ｜と｜Ｑ｜との大きい方を出力し、スイッチ８０４は｜Ｉ｜と｜Ｑ｜との小さい方を出力する。

【０１２７】次いで、スイッチ８０４から出力された｜Ｉ｜と｜Ｑ｜の小さい方は、２ビットシフト器８０７と３ビットシフト器８０８によってそれぞれ２ビットシフト及び３ビットシフトされる。

【０１２８】１ビットシフトによって振幅は半分になるため、２ビットシフトでは０．２５倍、３ビットシフトでは０．１２５倍となる。従って、２ビットシフト器８０７の出力信号の振幅は、スイッチ８０４の出力信号の振幅の０．２５倍であり、３ビットシフト器８０８の出力信号の振幅は、スイッチ８０４の出力信号の振幅の０．１２５倍となる。

【０１２９】次いで加算器８０９が、２ビットシフト器８０７の出力信号（０．２５×｜Ｉ｜又は０．２５×｜Ｑ｜）と３ビットシフト器８０８の出力信号（０．１２５×｜Ｉ｜又は０．１２５×｜Ｑ｜）を加算するため、加算器８０９の出力信号は、０．３７５×｜Ｉ｜又は０．３７５×｜Ｑ｜となる。

【０１３０】最後に、加算器８１０が、スイッチ８０３の出力信号（｜Ｉ｜又は｜Ｑ｜）と、加算器８０９の出力信号（０．３７５×｜Ｉ｜又は０．３７５×｜Ｑ｜）と、を加算し、前記近似式による包絡線情報Ｚを得ることができる。

【０１３１】このように、本実施の形態に係るＯＦＤＭ受信装置は、受信レベルの検出に用いるレベル検出器が、乗算器及びメモリを用いない簡素な構成を採り、包絡線を求めてレベルを検出する方法を採るため、装置が簡素化し、又、必要な演算量を減らすことができる。

【０１３２】又、包絡線の算出においては、二乗和の演算を行わず、回路上ではビットシフトで実現することができる簡単な乗算と、加算のみからなる近似式を用いることで、更に必要な演算量を減らすことができる。

【０１３３】本実施の形態においては、入力信号がＱＰＳＫ変調された信号である場合について説明しているが、入力信号をＩ成分・Ｑ成分で処理する場合であれば同様に適用することができる。

【０１３４】（実施の形態８）本発明の実施の形態８に係るＯＦＤＭ受信装置は、上記実施の形態１から７に係るＯＦＤＭ受信装置と同様の構成を有し、但し遅延検波器に乗算器及びメモリを用いないようにして回路規模を低減させたものである。

【０１３５】以下、図９を用いて、本実施の形態に係るＯＦＤＭ受信装置について説明する。図９は、本発明の実施の形態８に係るＯＦＤＭ受信装置の遅延検波器の構成を示すブロック図である。本実施の形態に係る遅延検波器は、位相を求める演算を減らすようにしている。

【０１３６】なお、本実施の形態においては、入力信号がＱＰＳＫ変調された信号である場合について説明する。

【０１３７】入力信号のＩ成分とＱ成分は、それぞれ絶対値検出器９０１、９０２により絶対値検出され、減算器９０３へ出力される。

【０１３８】又、入力信号のＩ成分とＱ成分は、象限判定器９０４に入力され、象限が判定される。以下、象限判定器９０４について詳述する。

【０１３９】入力信号のＩ成分とＱ成分から位相を求める場合、Ｉ、Ｑベースバンド信号の位相θ＝ａｒｃｔａｎ（Ｑ／Ｉ）を計算する必要があるが、このａｒｃｔａｎ（Ｑ／Ｉ）は、以下の式①に基づいて近似することができる。

ａｒｃｔａｎ（Ｑ／Ｉ）≒｜Ｉ｜－｜Ｑ｜　　　－①

【０１４０】図１０は、ａｒｃｔａｎ（Ｑ／Ｉ）と｜Ｉ｜－｜Ｑ｜との関係を示したグラフである。このようにθ≒｜Ｉ｜－｜Ｑ｜で近似しても誤差は１．８°以内にすることができる。

【０１４１】象限判定器９０４は、上記近似式に基づいて、｜Ｉ｜－｜Ｑ｜≒－４θ／π＋１であれば第１象限であると判定し、以下同様に、｜Ｉ｜－｜Ｑ｜≒４θ／π－３であれば第２象限、｜Ｉ｜－｜Ｑ｜≒－４θ／π－３であれば第３象限、｜Ｉ｜－｜Ｑ｜≒４θ／π＋１であれば第４象限、と判定する。

【０１４２】次いで、変換器９０５は、減算器９０３の出力を象限判定器９０４の判定結果に応じて変換し、位相θを求める。

【０１４３】最後に、減算器９０６は、変換器９０５の出力と、変換器９０５の出力を１シンボル遅らせる遅延器９０７の出力と、を減算し、遅延検波信号を出力する。

【０１４４】このように本実施の形態によれば、遅延検波器において、乗算器及びメモリを用いてａｒｃｔａｎ（Ｑ／Ｉ）の演算を行う替わりに、｜Ｉ｜と｜Ｑ｜の減算及び位相が属する象限の判定を行うことにより、必要な演算量を削減し、回路規模を低減することができる。

【０１４５】本実施の形態においては、入力信号がＱＰＳＫ変調された信号である場合について説明しているが、入力信号をＩ成分・Ｑ成分で処理する場合であれば同様に適用することができる。

【０１４６】以上、実施の形態１～８で述べたように、ＯＦＤＭ方式無線通信においては、受信レベルが最も落ち込んだキャリアに回線全体の品質が引きつられて落ちるため、受信レベルが最も低いキャリアを含む信号を捕らえたアンテナは用いないようにし、アンテナ毎の最低受信レベルキャリアの受信レベルが最も高いキャリアを含むアンテナを用いることによって、周波数選択性フェージング下でも適切なアンテナダイバーシチを行うことができる。

【０１４７】又、受信レベル検出のための振幅算出や同期を取るための位相算出においては、誤差の少ない簡単な近似式を用いることによって、演算量の多い乗算器を省く構造とし、受信装置全体での必要演算量を低減することができ、信号処理速度を早めることができる。

【０１４８】なお、上記実施の形態１～８において、既知参照信号はパイロットシンボルに限らない。

【０１４９】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、周波数選択性フェージング発生時に適切なアンテナダイ

バーシチを行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の実施の形態１に係るＯＦＤＭ受信装置の構成を示すブロック図

【図２】本発明の実施の形態２に係るＯＦＤＭ受信装置の構成を示すブロック図

【図３】本発明の実施の形態３に係るＯＦＤＭ受信装置の構成を示すブロック図

【図４】本発明の実施の形態４に係るＯＦＤＭ受信装置の構成を示すブロック図

【図５】本発明の実施の形態５に係るＯＦＤＭ受信装置の構成を示すブロック図

【図６】本発明の実施の形態６に係るＯＦＤＭ受信装置の構成を示すブロック図

【図７】本発明の実施の形態７に係るＯＦＤＭ受信装置のレベル検出器で用いる包絡線情報算出近似式の理論計算結果を示したグラフ

【図８】本発明の実施の形態７に係るＯＦＤＭ受信装置のレベル検出器の構成を示すブロック図

【図９】本発明の実施の形態８に係るＯＦＤＭ受信装置の遅延検波器の構成を示すブロック図

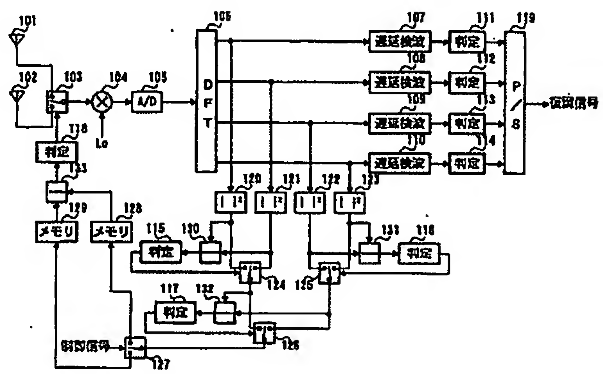
【図１０】本発明の実施の形態８に係るＯＦＤＭ受信装置の遅延検波器で用いる位相算出近似式の理論計算結果を示したグラフ

【図１１】従来のＯＦＤＭ受信装置の構成を示すブロック図

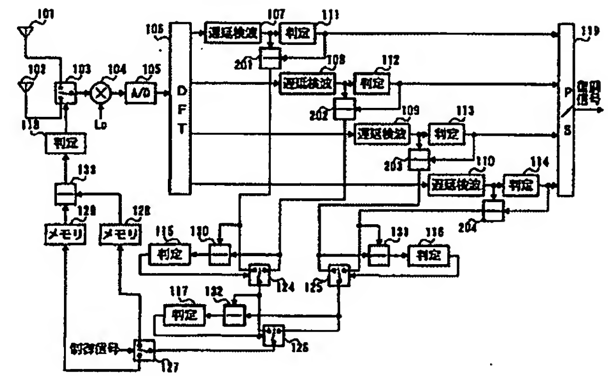
【図１２】従来のＯＦＤＭ受信装置の遅延検波器の構成を示すブロック図

１０１，１０２　アンテナ
１０３　アンテナ切替器
１０６　ＤＦＴ回路
１０７～１１０　遅延検波器
１１１～１１８　判定器
１２０～１２３　レベル検出器
１２８、１２９　メモリ
２０１～２０４　減算器
３０１　積算器
３０２　スイッチ
３０３、３０４　メモリ
３０５　減算器
３０６　判定器
４０１～４０４　フィルター
５０１～５０３　間引回路
６０１～６０４　積算器
８０１、８０２　絶対値検出器
８０７　２ビットシフト器
８０８　３ビットシフト器
９０１、９０２　絶対値検出器
９０４　象限判定器
９０５　変換器

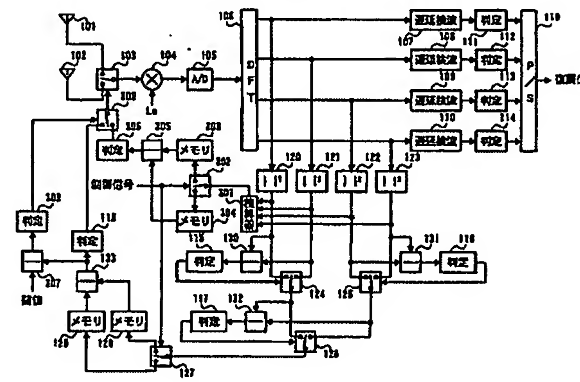
【図１】



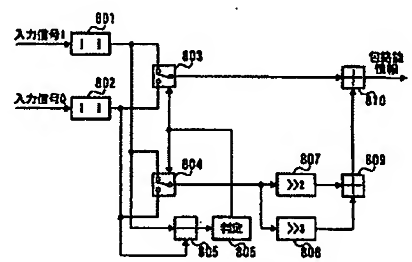
【図２】



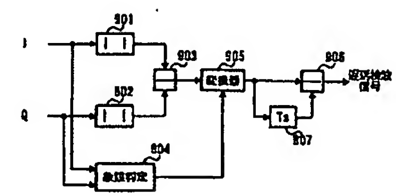
【図３】



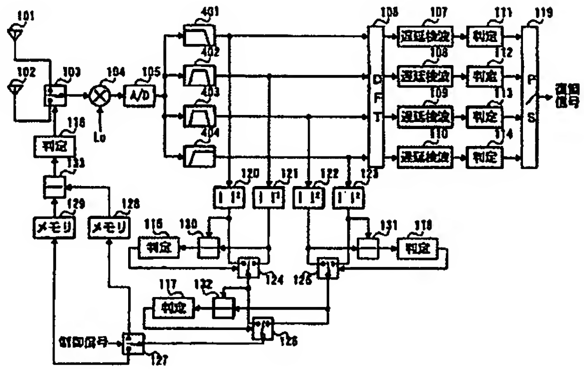
【図８】



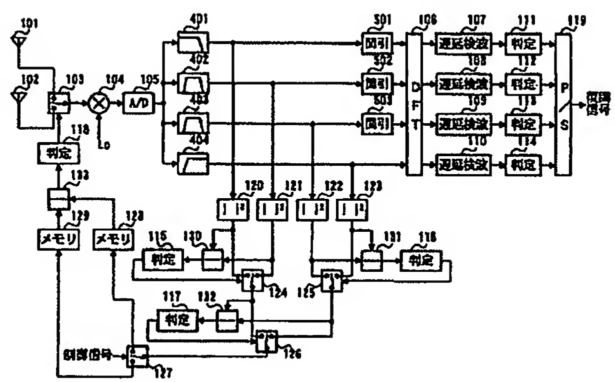
【図９】



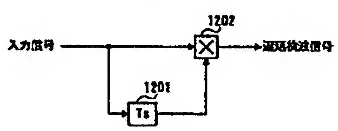
【図４】



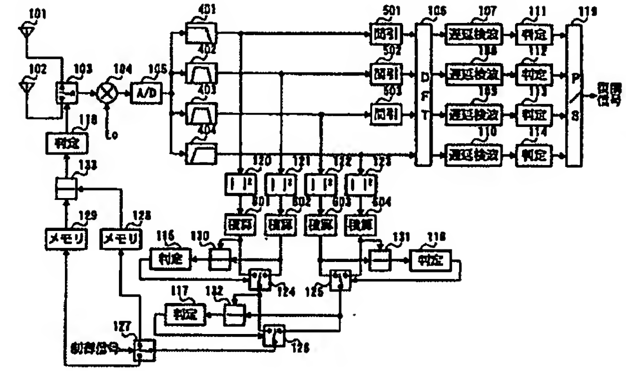
【図５】



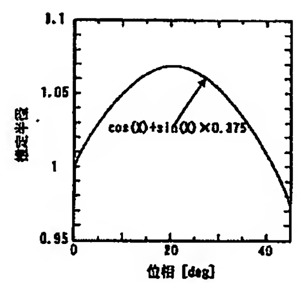
【図１２】



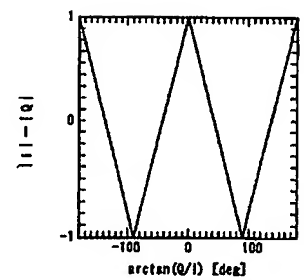
【図６】



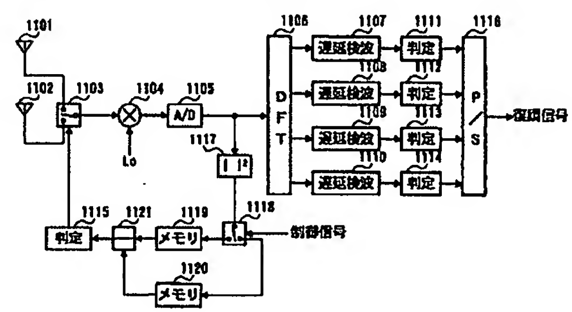
【図７】



【図１０】



【図１１】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-188585
(43)Date of publication of application : 04.07.2000

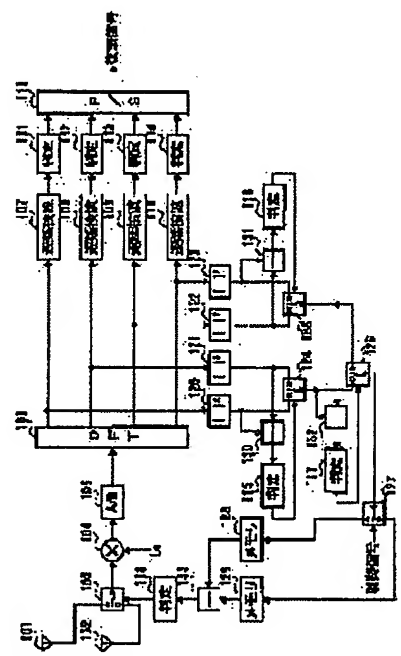
(51)Int.Cl. H04J 11/00
H04B 7/08

(21)Application number : 10-365429
(22)Date of filing : 22.12.1998

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD
(72)Inventor : SUDO HIROAKI
UESUGI MITSURU

(54) OFDM RECEIVER

(57)Abstract:
PROBLEM TO BE SOLVED: To conduct proper antenna diversity on the occurrence of frequency selective fading.
SOLUTION: Level detectors 120-123 detect a reception level for each antenna carrier, discrimination devices 115-117, switches 124-127, and subtracters 130-132 extract a carrier reaching a minimum reception level for the each antenna, a subtracter 133 and a discrimination device 118 controls an antenna changeover device 103 so that they compare a reception level of the carrier with the minimum reception level of the each antenna to select an antenna with a highest minimum reception level.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	25.03.2002
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	3576415
[Date of registration]	16.07.2004
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of extinction of right]	

AJ

PU020325 (JP2000188585) ON 7752

(19) Patent Agency of Japan (JP)
(12) Official report on patent publication (A)
(11)Publication number: 2000-188585
(43)Date of publication of application: 04.07.2000
(51)Int.Cl. H04J 11/00 H04B 7/08
(21)Application number: 10-365429
(22) Date of filing: 22.12.1998
(71) Applicant: Matsushita Electric IND CO LTD
(72) Inventor: Sudo Hiroaki, Uesugi Mitsuru
(54) Title of the invention: OFDM receiver

(57) Abstract:
Problem to be solved: To conduct proper antenna diversity on the occurrence of frequency selective fading.
Solution: Level detectors 120-123 detect a reception level for each antenna carrier, discrimination devices 115-117, switches 124-127, and subtracters 130-132 extract a carrier reachin g a minimum reception level for the each antenna, a subtracter 133 and a discrimination device 118 controls an antenna changeover device 103 so that they compare a reception level of the carrier with the minimum reception level of the each antenna to select an antenna with a highest minimum reception level.

[Claims]

[Claim 1] The OFDM receiver including: a level detection means that detects a receiving level for every career of an input signal when receiving a signal transmitted with an OFDM system, a selecting means that changes and uses plural antennas based on a detection result of this level detection means.

[Claim 2] The OFDM receiver according to claim 1 including: an extraction means to extract a career with the lowest receiving level from a detection result of the mentioned above level detection means, a control means that controls the mentioned above selecting means to choose an antenna that received a career with the highest receiving level in the minimum receiving level career for every antenna that this extraction means extracted.

[Claim 3] The OFDM receiver according to claim 1 including: an extraction means to extract a career with the largest phase error after detection processing of a detection result of the mentioned above level detection means, a control means that controls the mentioned above selecting means, so that an error chooses an antenna that received the smallest career in a career that has the inaccuracy for every antenna that this extraction means extracted.

[Claim 4] The OFDM receiver according to claim 1 including: a calculating means that takes an average for every antenna from a detection result of the mentioned above level detection means and computes an average receiving level of each antenna, an extraction means to extract the minimum receiving level career for every

antenna from a detection result of the mentioned above level detection means, a difference of the maximum receiving level in an output of this extraction means and the minimum receiving level is computed, an antenna that received a career with the highest receiving level in the minimum receiving level career for every antenna when a direction of a threshold had a small comparison result of this difference and threshold is chosen, a control means that controls the mentioned above selecting means, so that an average receiving level for every antenna chooses the greatest antenna, when the threshold is larger.

[Claim 5] The OFDM receiver including: a division means to divide an input signal into plural frequency bands when receiving a signal transmitted with an OFDM system, a level detection means that detects a receiving level for every frequency band of this, and a selecting means that changes and uses plural antennas based on a detection result of this level detection means.

[Claim 6] The OFDM receiver including according to claim 5: an extraction means to extract a zone with the lowest receiving level from a detection result of the mentioned above level detection means, a control means that controls the mentioned above selecting means to choose an antenna that received a zone with the highest receiving level in a zone used as the minimum receiving level for every antenna that this extraction means extracted.

[Claim 7] The OFDM receiver according to claim 5 or 6, characterized by that the mentioned above division means has a thinning means that thins out a signal after division.
[Claim 8] The OFDM receiver according to claim 6 or 7, characterized by that the mentioned above extraction means extracts a zone with the lowest average receiving level.
[Claim 9] A terminal device for OFDM system mobile communications systems using the OFDM receiver according to claims 1 - 8.
[Claim 10] A diversity method of an OFDM receiver characterized by including: a level detection process of detecting a receiving level for every career of an input signal when receiving a signal transmitted with an OFDM system, a selection process that changes and uses plural antennas based on a detection result of this level detection process.
[Claim 11] A diversity method of the OFDM receiver according to claim 10 characterized by including: an extraction process of extracting a career with the lowest receiving level from a detection result of the mentioned above level detection process, a control process of controlling the mentioned above selection process to choose an antenna that received a career with the highest receiving level in the minimum receiving level career for every antenna that this extraction process extracted.
[Claim 12] A diversity method of the OFDM receiver according to claim 10 characterized by including: an extraction process of extracting a career with the largest

phase error after detection processing of a detection result of the mentioned above level detection process, a control process of controlling the mentioned above selection process so that an error chooses an antenna that received the smallest career in a career that has the inaccuracy for every antenna that this extraction process extracted.

[Claim 13] A diversity method of the OFDM receiver according to claim 10 characterized by including: a calculating process that takes an average for every antenna from a detection result of the mentioned above level detection process and computes an average receiving level of each antenna, an extraction process of extracting the minimum receiving level career for every antenna from a detection result of the mentioned above level detection process, a difference of the maximum receiving level in an output of this extraction process and the minimum receiving level is computed, an antenna that received a career with the highest receiving level in the minimum receiving level career for every antenna when a direction of a threshold had a small comparison result of this difference and threshold is chosen, a control process of controlling the mentioned above selection process, so that an average receiving level for every antenna chooses the greatest antenna when the threshold is larger.

[Claim 14] A diversity method of an OFDM receiver characterized by including: a partitioning process that divides an input signal into plural frequency bands when receiving a signal transmitted with an OFDM system, a level detection process of detecting a receiving level for

every frequency band of this and a selection process that changes and uses plural antennas based on a detection result of this level detection process.

[Claim 15] A diversity method of the OFDM receiver according to claim 14 characterized by including: an extraction process of extracting a zone with the lowest receiving level from a detection result of the mentioned above level detection process, a control process of controlling the mentioned above selection process to choose an antenna that received a zone with the highest receiving level in a zone used as the minimum receiving level for every antenna that this extraction process extracted.

[Claim 16] A diversity method of the OFDM receiver according to claim 14 or 15, characterized by that the mentioned above partitioning process has the thinning process of thinning out a signal after division.

[Claim 17] A diversity method of the OFDM receiver according to claim 15 or 16, characterized by that the mentioned above extraction process extracts a zone with the lowest average receiving level.

[Detailed description of the invention]

[0001]

[Field of the invention] This invention relates to the receiver used for the digital mobile communications that used the orthogonal frequency division multiplexing method (next OFDM).

[0002] [Description of the prior art] First, the conventional OFDM receiver is explained using drawing 11. Drawing 11 is a block diagram showing the composition of the conventional OFDM receiver.

[0003] The antenna changeover device 1103 changes the antenna 1101-1102. The analog mixer 1104 mixes and carries out the down convert of the polar zone oscillation signal to an input signal. A/D converter 1105 changes an analog signal into a digital signal.

[0004] DFT circuit 1106 performs discrete Fourier transform (next DFT) to an input signal. The differentially coherent detection machines 1107-1110 perform differentially coherent detection to an input signal. The discrimination devices 1111-1115 judge the inputted signal. The Parallel-Serial converter (next P/S converter) 1116 changes the input signal of a plural series into the signal of one series.

[0005] The level detector 1117 performs level detection of an input signal. The switch 1118 changes and outputs the signal inputted according to the control signal. The memories 1119 and 1120 store the level information for every antenna, respectively. The digital subtractors 1121 perform subtraction treatment.

[0006] Subsequently, the composition of the differentially coherent detection machines 1107-1110 is explained using drawing 12. Drawing 12 is a block diagram showing the composition of a differentially coherent detection machine. The delay device 1201, 1 symbol delay an input signal and outputs it. The multiplier 1202 carries out the multiplication of the output signal and input signal of the delay device 1201,

and outputs them as a differentially coherent detection signal.

[0007] Subsequently, the operation in the case of using an antenna one line is explained, the number of careers is set to 4.

[0008] The selected output of the input signal received by the antennas 1101 and 1102 is carried out by the antenna changeover device 1103. The antenna changeover device 1103 is controlled by the decision result of the discrimination devices 1115.

[0009] Subsequently, the analog mixer 1104 makes the high frequency band signal that the antenna changeover device 1103 outputs mix a polar zone oscillation signal, and carries out a down convert. After that, an input signal is sent to A/D converter 1105, and is changed into a digital signal.

[0010] DFT circuit 1106 performs a DFT operation to the digital signal that A/D converter 1105 outputted and acquires four baseband signals transmitted by each of four careers.

[0011] With the differentially coherent detection machines 1107-1110, differentially coherent detection is performed and, as for 4 baseband signals that DFT circuit 1106 outputted, each differentially coherent detection signal is acquired, respectively.

[0012] Although the case where a delay detection system was used as a demodulation method here was explained, a synchronous detection method may be used too.

[0013] A differentially coherent detection signal is judged by the discrimination devices 1111-1114, respectively, and the differentially coherent detection signal after a judgment is acquired. The P/S converter 1116 changes these into one signal and a demodulation signal is acquired.

[0014] The level detector 1117 performs the sum of squares operation of the output signal of A/D converter 1105 and detects an average receiving level. This detection is performed for every antenna, by the switch 1118, the average level information of the antenna 1101 is stored in the memory 1119 and the average level information of the antenna 1102 is stored in the memory 1120, respectively.

[0015] Subsequently, the subtractor 1121 carries out subtraction treatment of the level information at the time of the antenna 1101 selection stored in the memory 1119, and the level information at the time of the antenna 1102 selection stored in the memory 1120. The discrimination devices 1115 judges whether the receiving level of which antenna is stronger, and the result is outputted to the antenna changeover device 1103.

[0016] Generally in the frame format, the pilot symbol that is a known reference signal is added before the message. Level measurement for performing antenna selection is performed using the pilot symbol added before this message.

[0017] Also, although the case where the mentioned above number of careers is 4 is described, it is possible for the number of careers to be 8, 16, 32, 64...

Although the number of antennas explained the case where it was referred to as 2, it can take the same composition also about the case where the number of antennas is increased further, by providing the memory (the above two, 1119 and 1120) of the number of antennas, and the same number.

[0018]

[Problems to be solved by the invention] However, there are the following problems in the conventional device.

[0019] Under real environment, a delayed wave arises and what is called frequency selective fading from which amplitude and phase change differ with frequency occurs. This influence becomes large, when signal-transmission speed becomes high and a transmission band becomes large especially.

[0020] Since phasing fluctuation changes greatly with each careers when frequency selective fading has arisen, line quality changes greatly with each careers. Thus, even if the average receiving level in front of DFT performs antenna selection, it does not become the optimal antenna selection, but there is a problem that the diversity effect of improving error rate characteristics falls.

[0021] This invention is made in view of this point The purpose is to provide the OFDM receiver that performs antenna diversity suitable at the time of generating.

[0022]

[Means for solving the problem] Since, as for a main point of this invention, the whole length generally worsens at a career with the worst line quality, as for the error rate characteristics of a wireless circuit, when a receiving level has fallen greatly only a specific career by frequency selective fading, an example is taken by it not being suitable to perform antenna selection according to a circuit average receiving level, detect a receiving level for every career of each antenna and a career set to the minimum receiving level for every antenna is extracted, it is performing antenna diversity, so that a circuit in which depression includes a large career may not be chosen by rubbing that compare a receiving level of the minimum receiving level career of each antenna and chooses an antenna with the highest minimum receiving level.

[0023]

[Embodiment of the invention] The OFDM receiver according to the 1st mode of this invention takes the composition possessing the level detection means that detects the receiving level for every career of an input signal when receiving the signal transmitted with the OFDM system and the selecting means that changes and uses plural antennas based on the detection result of this level detection means.

[0024] According to this composition, in OFDM type radio, since the receiving level for every career can be grasped, an antenna can be chosen in view of the depression condition of the receiving level for every career and suitable diversity can be carried out.

[0025] The OFDM receiver according to the 2nd mode of this invention, an extraction means to extract a career with the lowest receiving level from the detection result of the mentioned above level detection means in the 1st mode, the composition possessing the control means that controls the mentioned above selecting means to choose the antenna that received the career with the highest receiving level in the minimum receiving level career for every antenna that this extraction means extracted is taken.

[0026] Since it can avoid choosing the circuit that had the career on which the receiving level fell greatly also on one career in OFDM system radio and from which the quality of the whole circuit has fallen according to this composition, suitable antenna diversity can be performed under frequency selective fading too.

[0027] The OFDM receiver according to the 3rd mode of this invention, an extraction means to extract a career with the largest phase error after the detection processing of the detection result of the mentioned above level detection means in the 1st mode, the composition possessing the control means that controls the mentioned above selecting means, so that an error chooses the antenna that received the smallest career in the career that has the inaccuracy for every antenna that this extraction means extracted is taken.

[0028] According to this composition, in OFDM system radio, since the accuracy of antenna selection improves, suitable diversity can be performed and error rate characteristics can be improved.

[0029] The OFDM receiver according to the 4th mode of this invention, the calculating means that takes the average for every antenna from the detection result of the mentioned above level detection means and computes the average receiving level of each antenna in the 1st mode, an extraction means to extract the minimum receiving level career for every antenna from the detection result of the mentioned above level detection means, the difference of the maximum receiving level in the output of this extraction means and the minimum receiving level is computed, the antenna that received the career with the highest receiving level in the minimum receiving level career for every antenna when the direction of a threshold had a small comparison result of this difference and threshold is chosen, the composition possessing the control means that controls the mentioned above selecting means, so that the average receiving level for every antenna chooses the greatest antenna, when the threshold is larger is taken.

[0030] According to this composition, the difference between the receiving levels in the career set to the minimum level for every antenna in OFDM system radio is small, even when the minimum level career for every antenna has fallen in about 1 appearance, suitable diversity can be performed and error rate characteristics can be improved.

[0031] The OFDM receiver according to the 5th mode of this invention, the composition possessing a division means to divide an input signal into plural frequency bands when receiving the signal transmitted with the

OFDM system, the level detection means that detects the receiving level for every frequency band of this and the selecting means that changes and uses plural antennas based on the detection result of this level detection means is taken.

[0032] According to this composition, in OFDM system radio, since the receiving level for every frequency band can be grasped, an antenna can be chosen in view of the depression condition of the receiving level for every frequency band and suitable diversity can be carried out.

[0033] The OFDM receiver according to the 6th mode of this invention, an extraction means to extract a zone with the lowest receiving level from the detection result of the mentioned above level detection means in the 5th mode, the composition possessing the control means that controls the mentioned above selecting means to choose the antenna that received the zone with the highest receiving level in the zone used as the minimum receiving level for every antenna that this extraction means extracted is taken.

[0034] According to this composition, in OFDM system radio, by choosing an antenna with the highest receiving level of the minimum level zone for every antenna, suitable diversity can be performed and the number of symbols that a recovery improves simultaneously takes error rate characteristics can be reduced.

[0035] The OFDM receiver according to the 7th mode of this invention takes the composition that includes a thinning means by which the mentioned above division means thins out the signal after division in the 5th mode or 6th mode.

[0036] According to this composition, in OFDM system radio, a sampling frequency required for DFT can be reduced and an operation amount can be reduced.

[0037] In the 6th mode or 7th mode, as for the OFDM receiver according to the 8th mode of this invention, the mentioned above extraction means takes the composition from which an average receiving level extracts the lowest zone.

[0038] According to this composition, in OFDM system radio, the accuracy of antenna selection can be raised and error rate characteristics can be improved.

[0039] The 9th mode of this invention is a terminal device for OFDM system mobile communications systems that uses one OFDM receiver of the 1st mode to the 8th mode.

[0040] According to this composition, in OFDM system radio, suitable antenna diversity is performed and line quality can be kept good also in the time offrequency selective fading generating.

[0041] The diversity method of the OFDM receiver according to the 10th mode of this invention, the level detection process of detecting the receiving level for every career of an input signal when receiving the signal transmitted with the OFDM system and the selection process that changes and uses plural antennas based on the detection result of this level detection process were provided.

[0042] According to this method, in OFDM system type radio, since the receiving level for every career can be grasped, an antenna can be chosen in view of the

depression condition of the receiving level for every career and suitable diversity can be carried out.

[0043] The diversity method of the OFDM receiver according to the 11th mode of this invention, the extraction process of extracting a career with the lowest receiving level from the detection result of the mentioned above level detection process in the 10th mode, the control process of controlling the mentioned above selection process to choose the antenna that received the career with the highest receiving level in the minimum receiving level career for every antenna that this extraction process extracted was provided.

[0044] Since it can avoid choosing the circuit that had the career on which the receiving level fell greatly also on one career in OFDM system radio and from which the quality of the whole circuit has fallen according to this method, suitable antenna diversity can be performed also under frequency selective fading.

[0045] The diversity method of the OFDM receiver according to the 12th mode of this invention, the extraction process of extracting a career with the largest phase error after the detection processing of the detection result of the mentioned above level detection process in the 10th mode, the control process of controlling the mentioned above selection process so that an error chooses the antenna that received the smallest career in the career that has the inaccuracy for every antenna that this extraction process extracted was provided.

[0046] According to this method, in OFDM system radio, since the accuracy of antenna selection improves, suitable diversity can be performed and error rate characteristics can be improved.

[0047] The diversity method of the OFDM receiver according to the 13th mode of this invention, the calculating process that takes the average for every antenna from the detection result of the mentioned above level detection process and computes the average receiving level of each antenna in the 10th mode, the extraction process of extracting the minimum receiving level career for every antenna from the detection result of the mentioned above level detection process, the difference of the maximum receiving level in the output of this extraction process and the minimum receiving level is computed, the antenna that received the career with the highest receiving level in the minimum receiving level career for every antenna when the direction of a threshold had a small comparison result of this difference and threshold is chosen. The control process of controlling the mentioned above selection process, so that the average receiving level for every antenna chooses the greatest antenna, when the threshold is larger was provided.

[0048] According to this method, the difference between the receiving levels in the career set to the minimum level for every antenna in OFDM system radio is small, even when the minimum level career for every antenna has fallen in about 1 appearance, suitable diversity can be performed and error rate characteristics can be improved.

[0049] The diversity method of the OFDM receiver according to the 14th mode of this invention, the partitioning process that divides an input signal into plural frequency bands when receiving the signal transmitted with the OFDM system, the level detection process of detecting the receiving level for every frequency band of this and the selection process that changes and uses plural antennas based on the detection result of this level detection process were provided.

[0050] According to this method, in OFDM system radio, since the receiving level for every frequency band can be grasped, an antenna can be chosen in view of the depression condition of the receiving level for every frequency band and suitable diversity can be carried out.

[0051] The diversity method of the OFDM receiver according to the 15th mode of this invention, the extraction process of extracting a zone with the lowest receiving level from the detection result of the mentioned above level detection process in the 14th mode, the control process of controlling the mentioned above selection process to choose the antenna that received the zone with the highest receiving level in the zone used as the minimum receiving level for every antenna that this extraction process extracted was provided.

[0052] According to this method, in OFDM system radio, by choosing an antenna with the highest receiving level of the minimum level zone for every antenna, suitable diversity can be performed and the number of symbols that a recovery improves simultaneously takes error rate characteristics can be reduced.

[0053] The diversity method of the OFDM receiver according to the 16th mode of this invention includes a thinning process at which the mentioned above partitioning process thins out the signal after division in the 14th mode or 15th mode.

[0054] According to this method, in OFDM system radio, a sampling frequency required for DFT can be reduced and an operation amount can be reduced.

[0055] In the 15th mode or 16th mode, as for the diversity method of the OFDM receiver according to the 17th mode of this invention, the mentioned above extraction process extracted the zone with the lowest average receiving level.

[0056] According to this method, in OFDM system radio, the accuracy of antenna selection can be raised and error rate characteristics can be improved.

[0057] Next, this embodiment is described in detail with reference to drawings. Also in following embodiments, a known reference signal explains the case where it is a pilot symbo l.

[0058] (Embodiment 1) The composition and operation of OFDM receiver according to the 1st embodiment of the invention are explained using drawing 1. Drawing 1 is a block diagram showing the composition of the OFDM receiver according to the 1st embodiment of the invention.

[0059] The antenna changeover device 103 changes the antenna 101, 102. The analog mixer 104 mixes and carries out the down convert of the polar zone

oscillation signal to an input signal. A/D converter 105 changes an analog signal into a digital signal.

[0060] DFT circuit 106 performs DFT to an input signal. The differentially coherent detection machines 107-110 perform differentially coherent detection to an input signal. The discrimination devices 111-118 judge the inputted signal. The P/S converter 119 changes the input signal of a plural series into the signal of one series.

[0061] The level detectors 120-123 perform level detection of the signal after DFT. The switches 124-127 change and output the signal inputted according to the output of the control signal that shows the timing of antenna selection or the discrimination devices mentioned later. The memories 128 and 129 store the level information for every antenna, respectively. The digital subtractors 130-133 perform subtraction treatment.

[0062] Subsequently, the operation in the case of using an antenna one line is explained, the number of careers is set to 4.

[0063] The selected output of the input signal received by the antennas 101 and 102 is carried out by the antenna changeover device 103. The antenna changeover device 103 is controlled by the decision result of the discrimination devices 118.

[0064] Subsequently, the analog mixer 104 makes the high frequency band signal that the antenna changeover device 103 outputs mix a polar zone oscillation signal and carries out a down convert.

After that, an input signal is sent to A/D converter 105 and is changed into a digital signal.
[0065] DFT circuit 106 performs a DFT operation to the digital signal that A/D converter 105 outputted and acquires 4 baseband signals transmitted by each of 4 careers.
[0066] With the differentially coherent detection machines 107-110, differentially coherent detection is performed and, as for 4 baseband signals which DFT circuit 106 outputted, each differentially coherent detection signal is acquired, respectively.
[0067] Although the case where a delay detection system was used as a demodulation method here was explained, a synchronous detection method may be used.
[0068] A differentially coherent detection signal is judged by the discrimination devices 111-114, respectively, and the differentially coherent detection signal after a judgment is acquired. The P/S converter 119 changes these into one signal and a demodulation signal is acquired.
[0069] The level detectors 120-123 perform the sum of squares operation of the signal after DFT and detect the receiving level for every career.
[0070] Subsequently, the subtractor 130 carries out subtraction treatment of the level information of the career 1 that the level detector 120 outputs and the level information of the career 2 that the level detector 121 outputs and the discrimination devices 115 carries out a size judgment.

A decision result is outputted to the switch 124 and the switch 124 outputs the smaller one of the level information of the career 1 that the level detector 120 outputs, the level information of the career 2 which the level detector 121 outputs.

[0071] Similarly, the subtractor 131 carries out subtraction treatment of the level information of the career 3 that the level detector 122 outputs and the level information of the career 4 that the level detector 123 outputs and the discrimination devices 116 carries out a size judgment. A decision result is outputted to the switch 125 and the switch 125 outputs the smaller one of the level information of the career 3 that the level detector 122 outputs, the level information of the career 4 that the level detector 123 outputs.

[0072] The subtractor 132 carries out subtraction treatment of the level information of the career 1 or the career 2 that the switch 124 outputs and the level information of the career 3 or the career 4 that the switch 125 outputs and the discrimination devices 117 carries out a size judgment. A decision result is outputted to the switch 126 and the switch 126 outputs the one where the output of the switch 124 and the output of the switch 125 are smaller.

[0073] As a result, the switch 126 is able to extract the smallest level information in the careers 1-4.

[0074] If it is the level information of a career with the lowest receiving level inputted into the switch 127 at the antenna 101 selection time and it is it at the antenna 102 selection time, it is stored in the memory 128, the memory 129, respectively.

[0075] Subsequently, the subtractor 133 carries out subtraction treatment of the minimum reception level information at the time of the antenna 101 selection stored in the memory 128 and the minimum reception level information at the time of the antenna 102 selection stored in the memory 129 and the discrimination devices 118 performs a size judgment. A decision result is outputted to the antenna changeover device 103 and is controlled to choose an antenna with the highest receiving level of the minimum receiving level career for every antenna.

[0076] Generally, in a frame format, before the message, the pilot symbol that is a known reference signal is added and level measurement for performing antenna selection is performed using the pilot symbol added before this message.

[0077] Also, although the case where the mentioned above number of careers is 4 is described, it is possible the number of careers to be8, 16, 32, 64... Although the number of antennas explained the case where it was referred to as 2, it can take the same composition also about the case where the number of antennas is increased further, by providing the memory (the above two, 128 and 129) of the number of antennas and the same number.

[0078] Under real environment, what is called frequency selective fading from which amplitude and phase change differ with frequency arises under the influence of a delayed wave and line quality changes greatly with each careers.

[0079] Generally the line quality of the career in which the error rate characteristics of line quality are bad becomes dominant, namely, the quality of length and the whole circuit worsens at a career with the worst line quality.
[0080] Thus, the account of the above OFDM receiver that starts this embodiment as stated, in each antenna, perform level detection after DFT for every career and the career used as a minimum level is chosen, by comparing a level about the career set to the minimum level in each antenna and choosing the highest-level antenna, since it can avoid choosing the circuit that had the career with which one career or a receiving level fell greatly and from which the quality of the whole circuit has fallen, suitable antenna diversity can be performed also under frequency selective fading.
[0081] (Embodiment 2) The OFDM receiver according to the 2nd embodiment of the invention performs antenna selection using the decision error after getting over instead of the receiving level that has the same composition as the OFDM receiver according to Embodiment 1, however a level detector detects.
[0082] Next, the composition and operation of an OFDM receiver according to this embodiment are explained using drawing 2. Drawing 2 is a block diagram showing the composition of the OFDM receiver according to the 2nd embodiment of the invention. The same numbers are given to the same composition as drawing 1 and thus the detailed explanation is omitted.

[0083] Compared with the OFDM receiver according to Embodiment 1, the level detectors 120-123 are removed and the OFDM receiver according to this embodiment takes the composition to that the subtractors 201-204 were added instead.

[0084] The subtractors 201-204 compute the difference of the differentially coherent detection signal that the differentially coherent detection machines 107-110 output and the signal after each differentially coherent detection signal was judged by the discrimination devices 111-114.

[0085] The decision error of the career 1 that the subtractor 201 outputs is outputted to the switch 124 and the subtractor 130 like the level information of the career 1 of Embodiment 1. Next, the size judgment of the decision error of the careers 1-4 is performed similarly and the switch 126 outputs the decision error of a career with the largest decision error.

[0086] Generally, since a phase error also becomes large while a receiving level becomes low, the bad career of line quality can raise the accuracy of line quality presumption by using not only reception level information but phase error information.

[0087] Thus, by performing antenna selection using the decision error after a recovery, suitable diversity can be performed and error rate characteristics can be improved.

[0088] (Embodiment 3) The OFDM receiver according to the 3rd embodiment of the invention has the same composition as the OFDM receiver according to Embodiment 1, however when the reception level

difference of the minimum level career for every antenna is less than a threshold, it chooses an antenna with a larger average receiving level.

[0089] When this has a small difference between the receiving levels in the career used as the minimum level for every antenna, since it is thought that the minimum level career for every antenna has fallen in about 1 appearance, an example is taken by the ability of the antenna with intense depression of the minimum level career for every antenna not to perform diversity according to Embodiment 1 of performing antenna selection, so that it may avoid.

[0090] Next, the composition and operation of an OFDM receiver according to this embodiment are explained using drawing 3. Drawing 3 is a block diagram showing the composition of the OFDM receiver according to the 3rd embodiment of the invention. The same numbers are given to the same composition as drawing 1, and thus, the detailed explanation is omitted.

[0091] The switch 126 of the receiving level for every antenna is the same as that of Embodiment 1 till the place that extracts the lowest career and extracts the antenna with which the discrimination devices 118 includes a career with the highest receiving level in the minimum level career for every antenna.

[0092] The integrator 301 computes the average receiving level for every antenna from the output of the level detectors 120-123. The switch 302 changes according to the control signal that shows the timing of antenna selection and it stores in the memory 303 at the

time of antenna 101 selection and it stores the output of the integrator 301 in the memory 304, respectively at the time of antenna 102 selection. The subtractor 305 carries out subtraction treatment of the average reception level information at the time of the antenna 101 selection stored in the memory 303 and the average reception level information at the time of the antenna 102 selection stored in the memory 304 and the discrimination devices 306 performs a size judgment.

[0093] On the other hand, the subtractor 307 carries out subtraction treatment of the difference and threshold during the output of the subtractor 133, i.e., the receiving level of the minimum level career for every antenna, and the discrimination devices 308 performs a size judgment. The discrimination devices 308 outputs a decision result to the switch 309.

[0094] The switch 309 controls the antenna changeover device 103 to use an antenna with larger output, i.e., average receiving level, of the discrimination devices 306, when the reception level difference of the minimum level career for every antenna, i.e., the output of the subtractor 133, is below a threshold. If the output of the subtr actor 133 is more than a threshold (if there is a career with intense depression of a receiving level) the antenna changeover device 103 will be controlled to choose the antenna including a career with least depression.

[0095] Thus, when the difference between the receiving levels of the minimum level career for every antenna is small, by choosing an antenna with a higher average

level, suitable diversity can be performed and error rate characteristics can be improved.

[0096] (Embodiment 4) The OFDM receiver according to the 4th embodiment of the invention has the same composition as the OFDM receiver according to Embodiment 1, however using the receiving level according to zone instead of the receiving level according to career, performing antenna selection and reducing a symbol required for receiving level detection.

[0097] Next, the composition and operation of OFDM receiver according to this embodiment are explained using drawing 4. Drawing 4 is a block diagram showing the composition of the OFDM receiver according to the 4th embodiment of the invention. The same numbers are given to the same composition as drawing 1, and thus, the detailed explanation is omitted.

[0098] Till the place where A/D converter 105 performs an A/D conversion, since it already stated, it omits. The filters 401-404 divide the output of A/D converter 105 into 4 frequency bands before the DFT processing by DFT circuit 106 plural zones.

[0099] As for the signal of the lowest frequency band that the filter 401 extracted, a receiving level is detected by the level detector 120, like the following the signal of a low frequency band that the filter 402 extracted to the 2nd with the level detector 121. As for the signal of the highest frequency band where the filter 404 extracted the signal of the frequency band high to the 2nd that the filter 403 extracted with the level detector

122, a receiving level is detected by the level detector 123, respectively.

[0100] Next, the size judgment of a receiving level is performed like Embodiment 1, the reception level information of a zone with the lowest receiving level at the time of antenna 101 selection is stored in the memory 128 and the reception level information of a zone with the lowest receiving level at the time of antenna 102 selection is stored in the memory 129.

[0101] And the discrimination devices 118 carries out the size judgment of the minimum level for every antenna and the antenna changeover device 103 is controlled to choose an antenna with the highest minimum level for every antenna.

[0102] When level detection is performed using the signal after DFT processing, since a DFT circuit outputs a signal for every symbol, the pilot symbol of at least 1 symbol is required for it for every antenna. But, since level detection can be performed for every sampling period when the signal in front of DFT is used like this embodiment, a symbol required for the level detection for antenna selection can be reduced.

[0103] Also, level detection can be performed using a guard interval, without adding a pilot symbol.

[0104] Thus, the signal in front of DFT is divided into plural zones by filtering, by detecting the receiving level for every zone, choosing the zone that serves as a minimum level for every antenna and choosing an antenna with the highest receiving level of the minimum level zone for every antenna, suitable diversity can be performed and the number of symbols that a recovery

improves simultaneously takes error rate characteristics can be reduced.

[0105] (Embodiment 5) The OFDM receiver according to the 5th embodiment of the invention has the same composition as the OFDM receiver according to Embodiment 4, however reduces a sampling frequency required for DFT processing by a thinning circuit.

[0106] Next, the composition and operation of an OFDM receiver according to this embodiment are explained using drawing 5. Drawing 5 is a block diagram showing the composition of the OFDM receiver according to the 5th embodiment of the invention. The same numbers are given to the same composition as drawing 4, and thus, the detailed explanation is omitted.

[0107] The thinning circuits 501-503 reduce the sampling frequency of the output signal of the filters 401-403. Here, 3 thinning circuits are provided and reduction of a sampling frequency is not performed to the signal of the highest frequency band that is an output of the filter 404, for example.

[0108] Next, the minimum level zone for every antenna is detected like Embodiment 4 and diversity is performed so that an antenna with the highest receiving level of the minimum level zone for every antenna may be chosen.

[0109] Thus, by reducing the sampling frequency of the signal after filtering, a sampling frequency required for DFT can be reduced and an operation amount can be reduced.

[0110] (Embodiment 6) The OFDM receiver according to the 6th embodiment of the invention has the same composition as the OFDM receiver according to Embodiment 5, however performs antenna selection using an average receiving level.

[0111] Next, the composition and operation of an OFDM receiver according to this embodiment are explained using drawing 6. Drawing 6 is a block diagram showing the composition of the OFDM receiver according to the 6th embodiment of the invention. The same numbers are given to the same composition as drawing 5, and thus, the detailed explanation is omitted.

[0112] The integrators 601-604 integrate the output of the level detectors 120-123 and output by performing equalizing processing. Next, like Embodiment 5, the minimum level zone for every antenna is detected and diversity is performed, so that an antenna with the highest average receiving level of the minimum level zone for every antenna may be chosen.

[0113] Thus, by performing antenna selection using the average receiving level for every zone, the accuracy of antenna selection can be raised and error rate characteristics can be improved.

[0114] (Embodiment 7) The OFDM receiver according to the 7th embodiment of the invention has the same composition as the OFDM receiver according to the mentioned above Embodiment 1 or Embodiments 3 - 6, however the simple composition is used for it with the level detectors 120-123 and it reduces an operation amount more.

[0115] In this embodiment, the case where an input signal is a signal by which QPSK modulation was carried out is explained.

[0116] The level detector of this embodiment carries out approximation calculation of the envelope information from the absolute value of I ingredient and a Q component and detects a receiving level.

[0117]The envelope information Z, Z=v($|I|^2+|Q|^2$) so it is possible find sum, relatively many operational quantities are required. Then, computing approximately by Z=|I|+|Q| is also considered, so that it may end with a small operation amount. If this approximate expression is used, 1.414 times of the value computed by sum of squares root ($|I|^2+|Q|^2$), namely, about 41% of error, will be produced at the maximum (when a phase is 45^o) and error rate characteristics will deteriorate.

[0118] So, according to this embodiment, the approximate expression using the multiplication that can be simply performed by a bit shift is used. That is, in |I|>|Q|, in Z=|I|+0.375x|Q|, |Q|>|I|, Z=|Q|+0.375x|I| is used as an approximate expression.

[0119] Drawing 7 is the graph that shows the result of having asked for the relation of the time of |I|>|Q|, the phase ? that can be set without the range of 0<=?<=45^o and a presumed radius, amplitude, by theoretical calculation in this approximate expression. From this graph, by using the mentioned above approximate expression shows that envelope information can be acquired with less than 7% of error compared with the case where it asks by a sum of squares.

[0120] Next, the level detector of the OFDM receiver according to this embodiment that searches for envelope information using the mentioned above approximate expression and detects a receiving level is explained using drawing 8. Drawing 8 is a block diagram showing the composition of the level detector of the OFDM receiver according to the 7th embodiment of the invention.

[0121] I ingredient and the Q component of one career of an input signal after DFT are inputted into the absolute value detectors 801 and 802. The absolute value detectors 801 and 802 take the absolute value of an input signal, and output it to the subtractor 805 and the adding machine 810. Selection of I ingredient and a Q component is performed by the switches 803 and 804. The subtraction result of the subtractor 805 is judged by the discrimination devices 806, and a decision result is reflected in control of the switches 803 and 804.

[0122] 2 bit-shift machine 807 and 2 bits of 3 bit-shift machines 808 reach, and carry out 3 bit shifts of the output of the switch 804, respectively. The output of 2 bit-shift machine 807 and 3 bit-shift machine 808 is added by the adding machine 809. Thus, the multiplication processing of 0.375 in the mentioned above approximate expression is made. The adding machine 810 adds the output of the switch 803, and the output of the adding machine 809, and outputs envelope information.

[0123] Next, operation of the level detector of the OFDM receiver according to this embodiment is explained.

[0124] I ingredient and a Q component have an absolute value detected by the absolute value detector 801,802, respectively, and |I| and |Q| are obtained.

[0125] Subsequently, subtraction treatment of the output (|I| and |Q|) of the absolute value detector 801, 802 is carried out with the subtractor 805 and the discrimination devices 806 performs a size judgment using the output. The output (|I|, |Q|) of the absolute value detector 801, 802 is chosen and outputted by the switches 803, 804, respectively. The switches 803, 804 choose the signal outputted according to the decision result of the discrimination devices 806.

[0126] The switch 803 will output |I|, if the output of the discrimination devices 806 is |I|>|Q|, and if it is |Q|>|I|, it will output |Q|. The switch 804 will output |Q|, if the output of the discrimination devices 806 is |I|>|Q| and if it is |Q|>|I|, it will output |I|. That is, the switch 803 outputs the larger one of |I| and |Q|, and the switch 804 outputs the smaller one of |I| and |Q|.

[0127] Next, the smaller one of |I| outputted from the switch 804, and |Q| 2 bit-shift machine 807 and 3 bit-shift machine 808 respectively 2 bit shifts and 3 bit shifts are carried out.

[0128] Since amplitude becomes half by 1 bit shift, at 2 bit shifts, it becomes 0.125 time by 0.25 time and 3 bit shifts. Thus, the amplitude of the output signal of 2 bit-shift machine 807 will be 0.25 time the amplitude of the output signal of the switch 804 and the amplitude of the output signal of 3 bit-shift machine 808 will be 0.125 time the amplitude of the output signal of the switch 804.

[0129] Next, in order that the adding machine 809 may add the output signal (0.25 x |I| or 0.25 x |Q|) of 2 bit-shift machine 807, and the output signal (0.125 x |I| or 0.125 x |Q|) of 3 bit-shift machine 808. The output signal of the adding machine 809 becomes 0.375 x |I| or 0.375 x |Q|.

[0130] Finally, the adding machine 810 can add the output signal (|I| or |Q|) of the switch 803, and the output signal (0.375 x |I| or 0.375 x |Q|) of the adding machine 809, and can acquire the envelope information Z by the mentioned above approximate expression.

[0131] Thus, since the level detector used for detection of a receiving level takes the simple composition that does not use a multiplier and a memory and takes the method of detecting a level in quest of an envelope, a device can simplify and the OFDM receiver according to this embodiment can reduce a required operation amount.

[0132] In calculation of an envelope, a sum of squares cannot be calculated but a still more nearly required operation amount can be reduced on a circuit by using easy multiplication realizable by a bit shift and the approximate expression that consists only of addition.

[0133] In this embodiment, although the case where an input signal is a signal by which QPSK modulation was carried out is explained, if it is a case where an input signal is processed by I ingredient and a Q component, it is applicable similarly.

[0134] (Embodiment 8) As the OFDM receiver according to the 8th embodiment of the invention has the same composition as the OFDM receiver according

to the mentioned above Embodiments 1-7, however does not use a multiplier and a memory for a differentially coherent detection machine, it reduces circuit structure.

[0135] Next, the OFDM receiver according to this embodiment is explained using drawing 9. Drawing 9 is a block diagram showing the composition of the differentially coherent detection machine of the OFDM receiver according to the 8th embodiment of the invention. It is trying for the differentially coherent detection machine according to this embodiment to reduce the operation that asks for a phase.

[0136] In this embodiment, the case where an input signal is a signal by which QPSK modulation was carried out is explained.

[0137] Absolute value detection is carried out by the absolute value detectors 901 and 902, respectively, and I ingredient and the Q component of an input signal are outputted to the subtractor 903.

[0138] I ingredient and the Q component of an input signal are inputted into the quadrant discrimination devices 904, and a quadrant is judged. Next, the quadrant discrimination device 904 is explained in full detail.

[0139] When asking for a phase from I ingredient and the Q component of an input signal, it is necessary to calculate phase ?=arctan (Q/I) of I and Q baseband signal and this arctan (Q/I) can be approximated based on following formula.

arctan(Q/I) =|I|-|Q| - (1)

[0140] Drawing 10 is the graph that shows the relation between arctan (Q/I) and |I|-|Q|. Thus, even if approximated by ?=|I|-|Q|, the error can be less than 1.8°.

[0141] The quadrant discrimination devices 904, based on the mentioned above approximate expression, it judges with the 1st quadrant if is |I|-|Q|=-4 ?/p+1, like the following, if it is |I|-|Q|=4 ?/ p-3, it is 2nd quadrant and |I|-|Q|=-4 ?/ p -3 and it is 3rd quadrant and |I|-|Q|=4 ?/ p +1, it will judge with the 4th quadrant.

[0142] Next, the converter 905 changes the output of the subtractor 903 according to the decision result of the quadrant discrimination devices 904 and asks for the phase ?.

[0143] Finally, the subtractor 906 subtracts the output of 1 symbol delay device 907 for the output of the converter 905, and the output of the converter 905 and outputs a differentially coherent detection signal.

[0144] Thus, instead of calculating arctan (Q/I) using a multiplier and a memory, by judging the quadrant to which subtraction and the phase of |I| and |Q| belong, a required operation amount can be reduced and, according to this embodiment, circuit structure can be reduced in a differentially coherent detection machine.

[0145] In this embodiment, although the case where an input signal is a signal by which QPSK modulation was carried out is explained, if it is a case where an input signal is processed by I ingredient and a Q component, it is applicable similarly.

[0146] As mentioned above, in OFDM system radio according to Embodiments 1-8, in order for the quality of the whole circuit pulls to the career with which the receiving level fell most and to fall to it, by making it not use the antenna that caught the signal including a career with the lowest receiving level and using the antenna including a career with the highest receiving level of the minimum receiving level career for every antenna, suitable antenna diversity can be performed under frequency selective fading too.
[0147] In the phase calculation for taking the amplitude calculation and the synchronization for receiving level detection, by using an easy approximate expression with few errors, it can be considered as the structure of excluding a multiplier with many operation amounts, the required operation amount in the whole receiver can be reduced and a signal processing speed can be brought forward.
[0148] In the mentioned above Embodiments 1-8, a known reference signal is not restricted to a pilot symbol.
[0149]
[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, antenna diversity suitable at the time of frequency selective fading generating can be performed.

[Brief description of the drawings]

[Drawing 1] is the block diagram showing the composition of the OFDM receiver according to the 1st embodiment of the invention.

[Drawing 2] is the block diagram showing the composition of the OFDM receiver according to the 2nd embodiment of the invention.

[Drawing 3] is the block diagram showing the composition of the OFDM receiver according to the 3rd embodiment of the invention.

[Drawing 4] is the block diagram showing the composition of the OFDM receiver according to the 4th embodiment of the invention.

[Drawing 5] is the block diagram showing the composition of the OFDM receiver according to the 5th embodiment of the invention.

[Drawing 6] is the block diagram showing the composition of the OFDM receiver according to the 6th embodiment of the invention.

[Drawing 7] is the graph that shows the theoretical calculation result of the envelope information calculation approximate expression used with the level detector of the OFDM receiver according to the 7th embodiment of the invention.

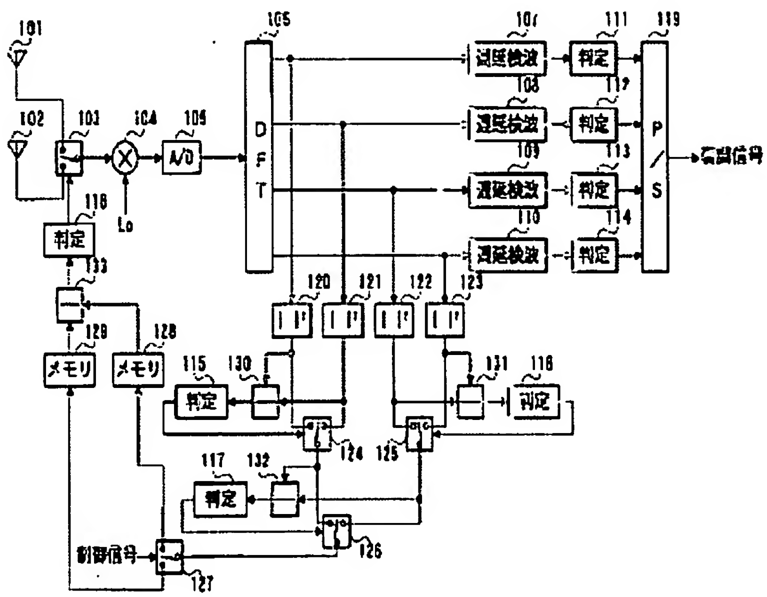
[Drawing 8] is the block diagram showing the composition of the level detector of the OFDM receiver according to the 7th embodiment of the invention.

[Drawing 9] is the block diagram showing the composition of the differentially coherent detection machine of the OFDM receiver according to the 8th embodiment of the invention.
[Drawing 10] is the graph that shows the theoretical calculation result of the phase calculation approximate expression used with the differentially coherent detection machine of the OFDM receiver according to the 8th embodiment of the invention.
[Drawing 11] is the block diagram showing the composition of the conventional OFDM receiver.
[Drawing 12] is the block diagram showing the composition of the differentially coherent detection machine of the conventional OFDM receiver.

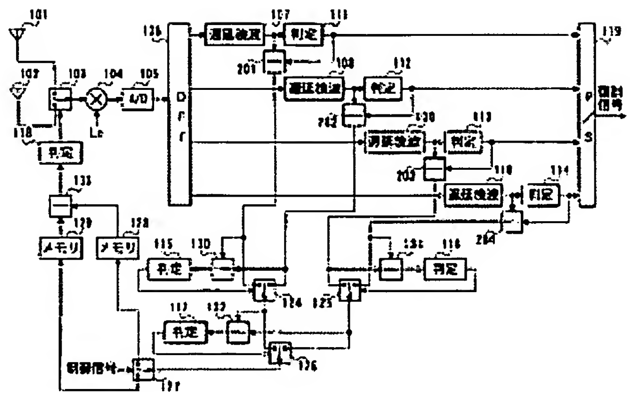
101, 102 Antenna
103 Antenna changeover device
106 DFT circuit
107-110 Differentially coherent detection machine
111-118 Discrimination devices
120 - 123 Level detector
128, 129 Memory
201-204 Subtractor
301 Integrator
302 Switch
303, 304 Memory
305 Subtractor
306 Discrimination devices
401-404 Filter

501-503 Thinning circuit
601-604 Integrator
801, 802 Absolute value detector
807 2 bit-shift machine
808 3 bit-shift machine
901, 902 Absolute value detector
904 Quadrant discrimination devices
905 Converter

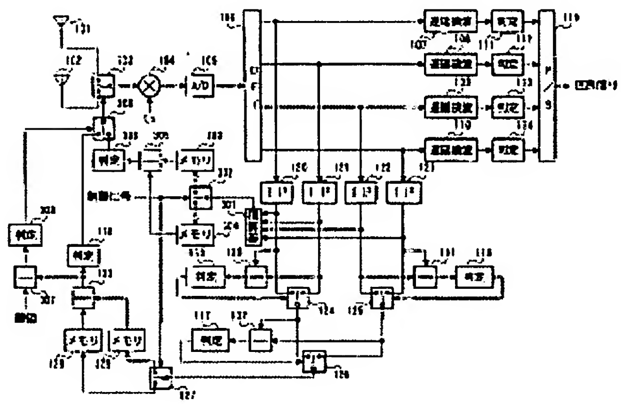
Drawing 1



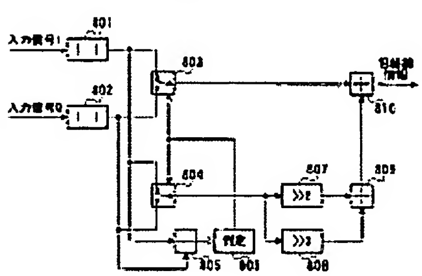
Drawing 2



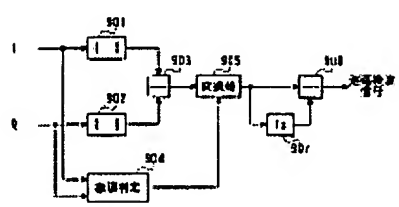
Drawing 3



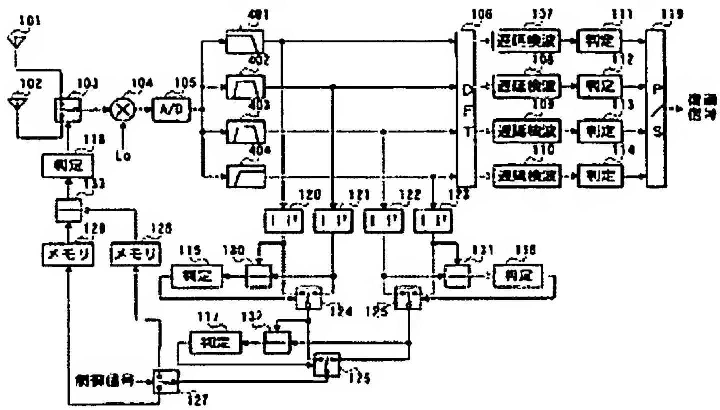
Drawing 8



Drawing 9

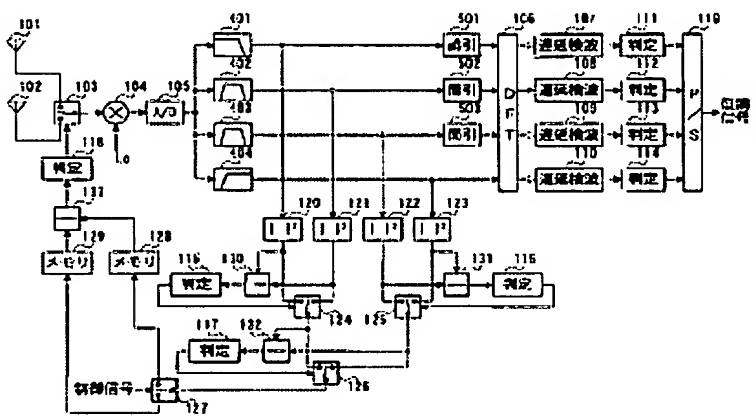


Drawing 4

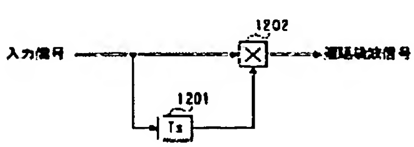


Drawing 3

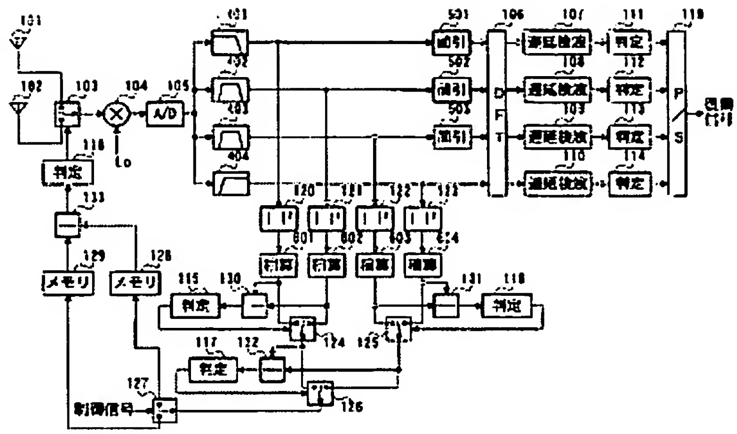
【図5】



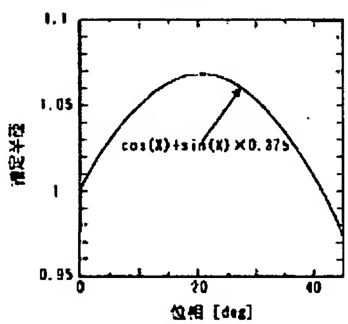
Drawing 12 2】



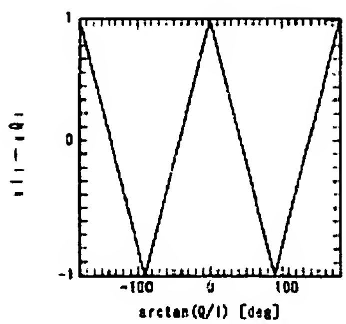
Drawing 6



Drawing 7



Drawing 10



Drawing 11